



3rd International Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering

Full Text Booklet

Hikmet Y. oğun
İshak Parlar
Hasan Üzmuş
Tahir Yücel





**3rdInternational Congress on
Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering
Full Text Booklet**

07-08 Dec 2023

Ankara/Turkey

BIDGE Publications

3rdInternational Congress on Multidisciplinary Natural Sciences and Engineering Full Text Booklet

ISBN: 978-625-6488-58-8

Editors

Hikmet Yeter oğun, İşhak Parlar, Hasan Üzmuş, Tahir Yücel

Page Layout: Gözde YÜCEL

1st Edition: BIDGE Publications, 2023

Publication Date: 15.12.2023

All rights of this work are reserved. It cannot be reproduced in any way without the written permission of the publisher and editor, except for short excerpts to be made for promotion by citing the source.

Certificate No: 71374

Copyright © BIDGE Publications

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 ankaya / Ankara



SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Ahmet Şahiner – Süleyman Demirel University
Dr. Ali Allahverdi – Kuwait University
Dr. Ali Hakan Işık – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Ali Kahrman – İstanbul Okan Üniversitesi
Dr. Aşkın Kiraz – Yakın Doğu University
Dr. Bahattin Aydın – Kastamonu University
Dr. Bülent Ergönül – Manisa Celâl Bayar University
Dr. Çiğdem Sayıl – İstanbul University-Cerrahpaşa
Dr. Didar Ucuncuoğlu – The University Of Manitoba
Dr. Dilek Arsoy – Near East University
Dr. Dilek Arsoy – Near East University
Dr. Elahe Reyhani – Zanjan Medical Science University
Dr. Engin Özkan – Erzincan Binali Yıldırım University
Dr. Erkan Can – İzmir Katip Çelebi University
Dr. Erkut Akkartal – Yeditepe University
Dr. Füsün Erduran Nemutlu – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr. Gülşen Tozsın – Atatürk University
Dr. Günseli Turgut Cin – Akdeniz University
Dr. Hacer Çelik Ateş – Isparta Uygulamalı Bilimler University
Dr. Halis Bilgil – Aksaray University
Dr. Işıl Var – Çukurova University
Dr. İsmet Kahraman Arslan – İstanbul Ticaret University
Dr. Kenan Köprücü – Fırat University
Dr. Levent Yılmaz – Nişantaşı University
Dr. Luqman Alatrushi – Northern Technical University-Iraq
Dr. M. Yeşim Çelik – Sinop University
Dr. Mahmut Aydınol – Dicle University
Dr. Mehmet Alp Ilgaz – Ljubljana Üniversitesi
Dr. Mehmet Bayırlı – Balıkesir University
Dr. Mehmet Mısır – Karadeniz Teknik University
Dr. Mehmet Sait Toprak – Mardin Artuklu University
Dr. Mehmet Şükrü Gülay – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Mehmet Tekin – Tokat Gaziosmanpaşa University
Dr. Murat Hatipoğlu – Dokuz Eylül University
Dr. Mustafa Aytekin – University Of Bahrain
Dr. Mustafa Bayram – Biruni University
Dr. Mustafa Boğa – Niğde Ömer Halisdemir Üniv
Dr. Mustafa Güneş – Dokuz Eylül University
Dr. Nazife Aslan – Ankara Hacı Bayram Veli University
Dr. Nermin Sökmen – National University Of Science And Technology Misis
Dr. Nurhan Gümrükçüoğlu – Karadeniz Teknik University

Dr. Oexan Bağrov – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölümü
Dr. Özlem Turgay – Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Dr. Paşa Yalçın – Erzincan Binali Yıldırım University
Dr. Prakasha Kn – Vidyavardhaka College Of Engineering
Dr. Remzi Varol – Süleyman Demirel University

REVIEWER COMMITTEE

Dr. Abdülkerim Diler – Atatürk University
Dr. Abdullah Başçı – Atatürk University
Dr. Ahmet Akköse – Atatürk University
Dr. Ahmet Çilek – Çukurova University
Dr. Ahmet Gümüş – Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Ahmet İyigör – Kırşehir Ahi Evran University
Dr. Akın Kırbaş – Yozgat Bozok University
Dr. Ali Dinc – American University Of The Middle East
Dr. Ali Kurt – Pamukkale University
Dr. Ali Müjdat Özkan – Konya Teknik University
Dr. Alihan Çokkızgın – Gaziantep University
Dr. Alpay Tamer Erturk – Kocaeli University
Dr. Alper Bodur – Ondokuz Mayıs University
Dr. Aslıhan Demirdöven – Tokat Gaziosmanpaşa University
Dr. Ayça Karasakal – Tekirdağ Namık Kemal University
Dr. Aylin Salıcı – Hatay Mustafa Kemal University
Dr. Aynur Demir – Aksaray University
Dr. Aynur Demir – Aksaray University
Dr. Ayşe Ebru Borum – Balıkesir University
Dr. Ayşe Handan Dökmeci – Tekirdağ Namık Kemal University
Dr. Bekir Gürbulak – Atatürk University
Dr. Berna Dalkıran – Ankara University
Dr. Berna Yavuz Pehlivanlı – Yozgat Bozok University
Dr. Betül Apaydın Yıldırım – Atatürk University
Dr. Burçak İşçi – Ege University
Dr. Coşkun Deniz – Aydın Adnan Menderes University
Dr. Deniz Şahin – Gazi University
Dr. Derya Arslan – Bitlis Eren University
Dr. Devabil Kara – Marmara University
Dr. Devrim Alkaya – Pamukkale Üniversitesi
Dr. Ebru Yılmaz – Aydın Adnan Menderes University
Dr. Elif Akpınar Külekçi – Atatürk University
Dr. Elif Kılıç Delice – Atatürk University
Dr. Elif Şenkuytu – Atatürk University
Dr. Elsevar Asadov – Nahçıvan Devlet Üniversitesi
Dr. Emine Gül Cansu Ergün – Başkent University
Dr. Engin Çelebi – Çukurova University

Dr.Erdal Yabalak – Mersin University
Dr.Erkan Çimen – Van Yüzüncü Yıl University
Dr.Erman Şentürk – Kocaeli University
Dr.Erol Kapluhan – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr.Evrin Güneş Altuntaş – Ankara University
Dr.Fatih Çemrek – Eskişehir Osmangazi University
Dr.Fatih Yıldırım – Atatürk University
Dr.Gizem Erdoğan Aydın – İzmir Demokrasi University
Dr.Gonca Durmaz Güngör – Çankırı Karatekin University
Dr.Gülşen Akman – Kocaeli Üniversitesi
Dr.Güvenç Görgülü – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr.Hacer Azak – Karamanoğlu Mehmetbey University
Dr.Hakan Ayyıldız – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr.Halil Erol – Osmaniye Korkut Ata University
Dr.Halil Tanıl – Ege University
Dr.Hasan Koten – İstanbul Medeniyet University
Dr.Hatun Barut – Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Dr.Hülya Demir – Yeditepe University
Dr.Hülya Kaftelen Odabaşı – Fırat University
Dr.Hüseyin Esen – Kocaeli University
Dr.Hüseyin Metin – Kafkas University
Dr.Hüseyin Şanlı – Tekirdağ Namık Kemal University
Dr.İbrahim Aışkan – Zonguldak Bülent Ecevit University
Dr.İrem Karakoç – Dokuz Eylül University
Dr.İsmail Güneş – Çukurova University
Dr.Koray Kacan – Muğla Sıtkı Koçman University
Dr.Koray Karabulut – Sivas Cumhuriyet University
Dr.Mahmut Kayar – Marmara University
Dr.Medeni Aykut – Dicle University
Dr.Mehmet Cengiz Karaismailoğlu – Bartın University
Dr.Mehmet Dal – Kocaeli University
Dr.Melih Kuncan – Siirt University
Dr.Mert Gürkan – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr.Metin Leblebici – İstanbul Medeniyet University
Dr.Murat Bilgüven – Mersin University
Dr.Murat Eyvaz – Gebze Teknik University
Dr.Murat Özdal – Atatürk University
Dr.Mustafa Yılmaz – Gaziantep University
Dr.Nalan Demircioğlu Yıldız – Atatürk University
Dr.Nalan Kandırmaz – Mersin University
Dr.Nargiz İsmayilova – Azərbaycan Ulusal Bilimler Akademisi
Dr.Nazan Kavas – Ege University

Dr.Necmi Dege – Ondokuz Mayıs University
Dr.Neslihan Tamsü Sellı – Gebze Teknik University
Dr.Neşe Üzen – Dicle University Ziraat Fakültesi
Dr.Neşet Deniz Turgay – Doğu Akdeniz University
Dr.Nurcan Özyurt Koçakoğlu – Gazi University
Dr.Nurgül Karadaş – Sağlık Bilimleri University
Dr.Nurhayat Atasoy – Van Yü Fen Fakültesi
Dr.Nuri Öztürk – Giresun University
Dr.Nurşen Çördük – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr.Nürettin Akçakale – Bolu Abant İzzet Baysal University
Dr.Oğuz Akın Düzgün – Atatürk University
Dr.Omer Celik – Dicle University
Dr.Orxan Bağrov – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Naxçıvan Bölümü
Dr.Osman Vedüd Eşidir – Fırat University
Dr.Önder Kabaş – Akdeniz University
Dr.Övgü Ceyda Yelgel – Recep Tayyip Erdoğan University
Dr.Özgün Korukcu – Bursa Uludağ University
Dr.Özgür Cengiz – Van Yüzüncü Yıl University
Dr.Özgür Sağlam – Tekirdağ Namık Kemal University
Dr.Özlem Güngör – Gazi University Fen Fakültesi
Dr.Pınar Sanlıbaba – Ankara University
Dr.Reyhan Akat – Çevre İlliklikliml
Dr.Samet Akar – Çankaya University
Dr.Süleyman Dirik – Amasya University
Dr.Şafak Seyhaneyıldız Can – Dokuz Eylül University
Dr.Yeşim Erdamar – Dicle University

ORGANIZERS COMMITTEE

Bilimi Destekleme ve Geliştirme Derneği

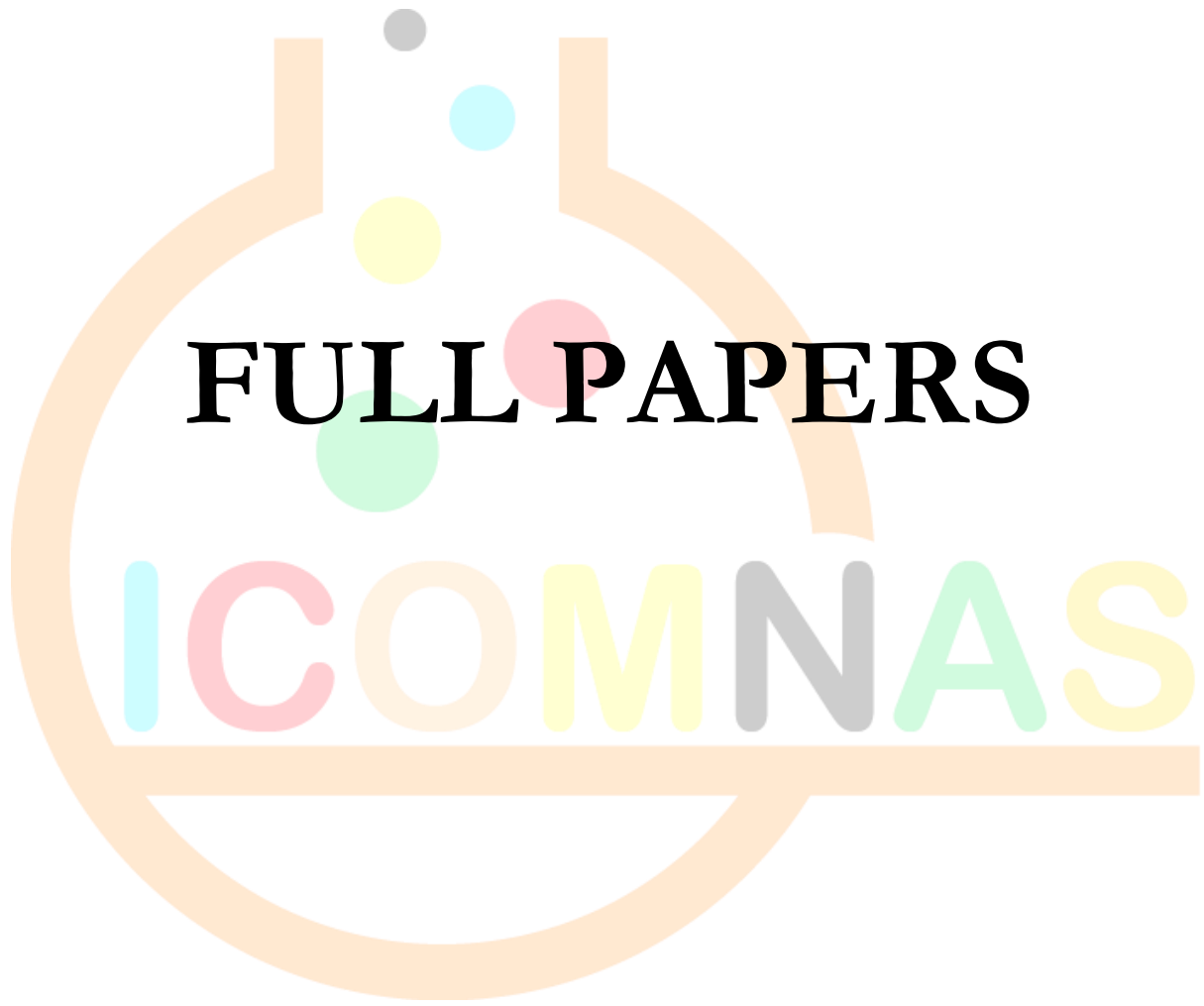
Dr. Hikmet Y. Çoğun – Çukurova Üniversitesi
Dr. İshak PARLAR – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Hasan ÜZMUŞ – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Tahir YÜCEL – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Şehriban OĞUZ – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Hasan HATAŞ – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Onur ŞİLAHTAR – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Öğr. Gör. İbrahim Halil DİLBER – Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Contents

Investigation of the Effects Of The Covid-19 Pandemic on The Transportation Sector: Passenger Transportation in Turkey and The World.....	10
Abdulgazi GEDİK.....	10
Dondurma Üretimi Atıksularının Elektrokimyasal Arıtımında Organik Bozunma Parametrelerinin İncelenmesi	20
Abdulkerim AKYÜZ.....	20
Murat SOLAK	20
On Integer Sequence A001612.....	34
Adnan KARATAŞ.....	34
Investigation on the Small-Scale ORC Turbine Design.....	40
Alperen Bugra COLAK.....	40
Oguz ARSLAN.....	40
Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü'nün Bölgesel Trafik Ve Emlâk Değerleri Üzerine Etkisi ..	48
Burak BUĞAN	48
Mustafa GÜRSOY.....	48
Controlling of Gryllotalpa gryllotalpa L. (Orthoptera: Gryllotalpidae) by Entomopathogenic Nematodes.....	57
Doğancan KAHYA.....	57
Refik BOZBUĞA	57
Potential Use of Entomopathogenic Nematodes in the Control of Cydia pomonella L. (Lepidoptera: Tortricidae).....	62
Doğancan KAHYA.....	62
Refik BOZBUĞA	62
Biyomedikal Cihazlarda 5G Frekans Bandı Girişimini Bastırmak için Frekans Seçici Yüzey ile Filtre Tasarımı	68
Mehmet Enis KARTAL.....	68
Bilal TÜTÜNCÜ	68
Robot Yönetimi ve İzlenmesine Yönelik Web Uygulama.....	74
Esra TÜRKAN	74
Sırma YAVUZ.....	74
Akrillenmiş Selüloz Asetat Bütireattan Akrilik Esaslı Antimikrobiyal Nanofiber Membranların Geliştirilmesi	80
Fadime ÇAKMAK KAYA	80
Hatice BİRTANE	80
Memet Vezir KAHRAMAN	80

Performance Analysis of a Custom TTL Circuit Using Monte Carlo Analysis Method	90
İshak PARLAR.....	90
M. Nuri ALMALI.....	90
Noisy Electronic Component Images Classification.....	101
Kadir AHMED DJAMA.....	101
Şafak ALTAY AÇAR	101
Civatalı Flanş Bağlantıları Olan Montajlı Rotor Modüllerinde Çoklu Vekil Modeller Kullanılarak Çok Amaçlı Optimizasyon	107
Kadir Kaan AYTUĞ.....	107
Erdem ACAR	107
Türkiye Fındık Bahçelerinde Yeni Bir Zararlı, Esmer Odun Termiti [<i>Kaloterme flavicollis</i> (Fabricius, 1793) (Isoptera: Kalotermitidae)]	124
Mansur ULUCA	124
Celal TUNÇER.....	124
Kıbar AK	124
İsmail Oğuz ÖZDEMİR	124
Türkiye ve Orta Asya Ülkelerinin Arasındaki Ticarete Dair Geleceğe Yönelik Tahminler..	132
Meretbibi SARBASHEVA.....	132
Mustafa GÜRSOY	132
Doctor-Patient Interactive Mobile Application with POS Integration.....	155
Mertcan TOMBAK.....	155
Batıkan Çağrı SAVCI.....	155
Kazım YILDIZ	155
Önder DEMİR	155
Zeynep Nur SANDIKÇI.....	155
Structural Optimization with Surrogate-Based Optimization Method for an Aircraft Wing.	179
Merve KENTER AHRAZOĞLU	179
Erdem ACAR	179
Welding Current Effect on Failure Analysis of a Welded Dissimilar Metal Beam	197
Müberra Rüveyda KOÇAK	197
Mehmet YETMEZ	197
E-Ticaret Firmaları için Mobil Cihazlardan Veri Toplama ve Makine Öğrenmesi Destekli Analiz Gerçekleştiren Yazılım Sistemi Tasarımı	203
Ogün KARABULUT	203
Derviş ÖZDEMİR	203
Songül GÖÇER	203

Buket DOĞAN	203
Selülaz Enzimi ve Yağ Teknolojisinde Kullanımı	213
Osman EREN	213
Tahir YÜCEL	213
Sigara İçmek ve Hastalık Risklerini Tahmin Etmek: Makine Öğrenmesiyle Bilimsel Bir Bakış	219
Pınar KARADAYI ATAŞ	219
Interactions Between Red Palm Weevil, <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae), and Entomopathogenic Nematodes	228
Refik BOZBUĞA	228
Doğancan KAHYA.....	228
PID Tuning with Metaheuristic Algorithms For Synchronization of Chaotic Oscillator	234
Selma BEDİR	234
Rıdvan SARAÇOĞLU	234
Eeg Sinyallerinin Ayırık Dalgacık Yöntemi Kullanılarak Ayırıştırılması	245
Şahin YILDIZ.....	245
M.Bahaddin KURT	245
Mammalian Fauna of ‘Poyraz Wind Power Plant’ Area in Kepsut (Balıkesir)	255
Pınar ÇAM.....	255
Adaptive Re-use of Industrial Heritage as a Catalyst for Thriving Public Spaces: The Case of Hasanpaşa Gasworks.....	263
Seren ÖZDEMİR.....	263
Ebru ERBAŞ GÜRLER.....	263
Yeşil Bağlantılar: Ekolojik Koridorların Yaban Hayvanları için Önemi.....	276
Pınar ÇAM.....	276
Examination of the Possibility of Utilizing Olive Leaves as Raw Material in Tea Production	286
Meltem AYZ.....	286
Investigation of Bullet-Wall Interactions by Ballistic Simulations against Rigid and Deformable Walls.....	291
Ibrahim Kutay YILMAZCOBANI	291
Kaan FERIKEL	291



Investigation of the Effects Of The Covid-19 Pandemic on The Transportation Sector: Passenger Transportation in Turkey and The World

Abdulgazi GEDİK¹

Abstract

COVID-19 salgını nedeniyle uygulanan kısıtlamalar ve önlemler tüm ulaştırma modlarındaki yolcu ve yük hareketliğini küresel olarak etkilemiştir. Yeterli ve gerekli sosyal mesafenin sağlanamayacağı endişesi, maske, eldiven ve diğer kişisel koruyucu ekipman kullanımının yetersiz kalabileceği endişesi ve bunlara bağlı olarak seyahat esnasında ve sonrasında yolcuların enfeksiyon kapabilmesi riski karayolu, demiryolu, denizyolu, havayolu ve multidisipliner taşımacılıktaki yolcu sayısında belirgin düşüslere neden olmuştur. Küresel talepteki bu keskin düşüş, büyük mali külfetlere ve likitide problemlerine yol açarak birçok ulaştırma işletmesini nakdi tasarruf sağlamaya, personeli işten çıkarmaya ve devlet desteği almaya zorlamıştır.

Bu çalışmada; Türkiye'deki her bir farklı ulaştırma modundaki yolcu mobilitesinin COVID-19 pandemisi nedeniyle ne kadar değiştiği araştırılarak dünyanın önde gelen diğer ülkeleriyle karşılaştırması yapılmıştır. COVID-19 salgını öncesindeki süreç (2012-2019) ve pandemi süreci (2020-2022) dikkate alındığında Türkiye'de yolcu sayısında en belirgin düşüşün yaşandığı ulaştırma sektörü %81'lik azalmaya deniz yolu taşımacılığı olmuştur. Dünya genelinde ise %75'lik bir azalma ile en çok havayolu yolcu sayısında bir düşüş gözlemlenmiştir. Global pandemi sonrasında tam iyileşmenin görülmesi için en az 5-10 yıllık bir süreye ihtiyaç duyulan ulaştırma sektöründe devletler ve hükümetler motorlu taşıma yerine aktif ulaşımın önemini bir kez daha anlamıştır. Dolayısıyla dünyanın önde gelen ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de bisiklete binme ve yayalar için yürüyüşü destekleyecek altyapı çalışmalarına büyük bir hız verilmiştir.

Keywords: COVID-19, ulaştırma sektörü, yolcu sayısı, kısıtlama, pandemi

¹Assoc. Prof., Malatya Turgut Ozal University, Department of Civil Engineering, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1429-034X>

GİRİŞ

Geniş bir virüs grubu olan koronavirüs ailesinin spesifik bir tipi olan SARS-CoV-2'nin (şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs-2) neden olduğu COVID-19 pandemisi küresel viral bir enfeksiyondur. İlk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentindeki bir salgında tanımlanan bu yeni virüsü kontrol altına almak için yapılan tüm girişimler başarısız olmuştur. Bu virüsün neden olduğu enfeksiyon; ilk zamanlarda Asya kıtasındaki diğer ülkelere ve daha sonra hızlı bir şekilde dünyanın bir çok bölgesine yayılarak epidemik bir salgından global bir salgına dönüşmüştür. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 30 Ocak 2020'de bu salgını "uluslararası öneme sahip bir halk sağlığı acil durumu" olarak ilan etmiştir ve 11 Mart 2020'de bu salgını bir pandemi olarak nitelendirmeye başlamıştır. COVID-19 salgının ilk çıktığı günden 25 Kasım 2023 tarihine kadar dünya genelinde 772.165.753 vaka tespit edilmiş ve salgın nedeniyle 6.981.250 hasta hayatını kaybetmiştir (Ritchie vd., 2023). Bu bilanço nedeniyle dünya tarihindeki en ölümcül salgınlardan biri olarak değerlendirilen COVID-19 başta sağlık sektörü olmak üzere ulaşım, lojistik, turizm, otomotiv, enerji ve inşaat gibi birçok sektörü hem ulusal hem de uluslararası düzeyde olumsuz etkilemiştir.

Yeni tip koronavirüsün yayılmasını engellemek amacıyla dünyadaki birçok ülke ulaşım ile ilgili yeni politika ve stratejiler üreterek ulaşım şirketlerini alman yeni önlemlere ve kısıtlamalara uyum sağlamasını ve seyahat ve yolcu güvenliğini öncelikli kılmasını zorunlu hale getirmiştir. Seyahat kısıtlamaları, sosyal mesafeye uyum, COVID-19 test sonuçlarının ibraz edilmesi, aşı zorunluluğu ve yolculukla ilgili bir takım diğer güvenlik prosedürleri ulaşım sektörünü önemli ölçüde sekteye uğratmıştır. Bu zorunlu uygulamalardan dolayı COVID-19 pandemisinden bir yıl sonraki süreçte ekonomik düzeyde en çok etkilenen sektörün ulaşım sektörü olduğu belirtilmiştir (Arap Trade Union Trade Confederation, 2020). Ulaşım gelirlerindeki önemli ölçüdeki düşüş ve durgunluk bu sektördeki ve diğer ulaşım ile ilintili diğer sektörleri de etkileyerek özel şirketlerde çalışanların maaşlarının kesilmesine, işten çıkarılmalarına, bazı küçük ve orta ölçekli taşımacılık şirketlerinin küçülmesine ve hatta kapanmasına neden olmuştur. Bu nedenlerden dolayı pandemi sırasında en savunmasız ve en çok etkilenen sektörlerden biri olan ulaşım sektörünün COVID-19'un izlerini de en son atacak sektör olacağı tahmin edilmektedir (Arap Trade Union Trade Confederation, 2020).

Bu çalışma kapsamında; Türkiye'deki ulaşım sektörünün yolcu taşımacılığı anlamında koronavirüs pandemisi nedeniyle ne kadar etkilendiği araştırılarak dünyadaki diğer ülkelerle (Amerika Birleşik Devletleri, Çin Cumhuriyeti, Almanya, Fransa, Rusya, Birleşik Krallık, Kanada, Avustralya ve Birleşik Arap Emirlikleri) karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla COVID-19 salgını öncesindeki süreçte (2012-2019) ve pandemi sürecindeki (2020-2022) her bir farklı ulaşım modlarındaki (karayolu, havayolu, demiryolu ve denizyolu) yolcu sayısı dikkate alınarak karşılaştırmalı olarak yolcu hareketliliğinin nasıl değiştiği incelenmiştir.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Pandemi salgını süresince karayolu toplu taşıma araçlarındaki yolcu sayısı önemli ölçüde azalırken araçsız ulaşım (yaya), bisiklet ve kişisel araç kullanımı belirgin bir şekilde artmıştır (Shaik ve Ahmed, 2022). Konfor, güvenlik, güvenilirlik ve rahatlık gibi faktörler nedeniyle karayolu taşımacılığının mihenk taşı olan otobüs yolculuğu COVID-19 öncesi dönemde dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi Hindistan'daki yolcular tarafından da sıkça tercih edilmekteydi. Ancak salgın döneminde Hindistan'ın Guwahati şehrindeki otobüslerin hijyen açısından yetersiz kalması otobüs yolcularını diğer ulaşım modlarını tercih etmeye zorlamıştır. Ayrıca araçların fiziki durumlarının kötü olması da yolcuları otobüs kullanmalarından vazgeçiren bir diğer önemli faktör olmuştur. Bu durum, toplu taşımacılığın bilhassa belediye

otobüs işletmeciliğinin COVID-19 salgını nedeniyle büyük bir mali kayıpla karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Otobüs yolculuğundaki %60'lara varan azalmaya bağlı olarak birçok sürücünün ortalama ücreti %50 oranında azaltılmış bazıları ise işten çıkarılmıştır (Deb ve Hinge, 2023).

Yapılan bir araştırma COVID-19 pandemisinin Çin'in Zhejiang Bölgesinde karayolu trafiğini %95.5 azalttığı ve pandeminin karayolu taşımacılığı üzerinde etkisini kısa vadede çok sert gösterdiğini ancak uzun vadede ise bu etkinin dramatik bir şekilde giderek azaldığını göstermiştir (Wang vd., 2023). Pandemi karayolu üzerindeki trafik akışını azaltırken riskli sürücü davranışlarında artışa neden olmuştur. Dolayısıyla kaza ve yaralanma sayısında azalma görülmesine rağmen yol güvenlik performansında ciddi bir düşüş ve ağır yaralanmalı trafik kazalarında oransal bir artış tespit edilmiştir.

Havacılık; ulaşım sektöründe itici lokomotif bir güç olmasına rağmen COVID-19 salgını nedeniyle en çok etkilenen ulaşım modu olmuştur (Sun vd., 2020). Yolcu sayısına bakıldığında hem ulusal hem de uluslararası yolcu sayısında büyük bir düşüş yaşanmasına rağmen pandemi ülkelerarası hele ki kıtalararasındaki uçuşları dolayısıyla yolcu sayısını çok daha etkilemiştir (Sun vd., 2021). Çin'de yapılan bir çalışma gittikçe artan yeni vaka sayısının ve alınan ilk önlemlerin uçuş sayısını geçici olarak önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ancak aynı çalışma erken dönemde alınan bu kontrol önlemlerinin pandeminin ilerleyen dönemlerinde havacılık sektörünün yeniden toparlanmasına büyük katkı sunduğunu ortaya koymuştur (Li vd., 2022). Pandemi sürecinde azalan yolcu sayısı nedeniyle bazı havayolu şirketleri yolcu uçaklarını kargo uçaklarına dönüştürerek bu uçaklarla çeşitli tıbbî malzeme ve diğer medikal ekipmanları taşımaya başlamıştır. Bu şirketler azalan yolcu sayısına rağmen pandemiye direnebilmeyi başarabilmiş üstelik bazıları yıllık kâr oranlarını bile arttırabilmiştir (Sun vd., 2023).

Çin'in Wuhan kentinde yapılan bir araştırma havacılık taşımacılığına nazaran yüksek hızlı demiryolu ulaşımının COVID-19 salgınının daha da hızlı yayılmasına neden olduğunu göstermiştir (Zhu and Guo, 2021). Bu sonuçları doğrulayan başka bir çalışma ise hem normal hızlı trenlerin hem de hava trafiğinin salgın üzerinde daha az etkili olduğunu ve Wuhan'daki tam kapanmadan önce hareket eden her bir yüksek hızlı trenin varış noktasındaki şehirde kümülatif COVID-19 vaka sayısını %10 arttırdığını göstermiştir (Pang vd., 2023). Sosyal mesafe kurallarının tam olarak sağlanamadığı kalabalık tren yolculuklarında yolcuların yüz maskesi takması ve ellerini dezenfekte etmeleri gibi işbirlikçi davranış sergilemelerinin hayati önem arz ettiği belirtilmiştir. Tren yolculuklarında yolcu sıklığına bağlı olarak COVID-19'un yayılma riskini azaltmada; uzaktan çalışma, esnek çalışma saatleri ve tren yolculuğu talebinin pik saatlerin dışına yayılması etkili birer önlem olmuştur (Vichiensan vd., 2023).

Malezya'da yapılan bir çalışma balıkçılık, deniz turizmi ve deniz yoluyla yapılan petrol ve gaz taşımacılığına nazaran gemicilik sektörünün COVID-19 pandemisi sürecinde deniz ulaşım çeşitleri arasında en az etkilenen sektör olduğunu göstermiştir. Ayrıca kişisel koruyucu ekipmanların ve test kitlerinin büyük bir kısmının gemilerle taşınması pandemi esnasında gemicilik sektörünün önemini bir kez daha ortaya koymuştur (Menhat vd., 2021). Kuzey-Doğu Adriyatik Denizi'ndeki Veneto Bölgesi'nde yapılan bir araştırma; 2017 yılına nazaran tam kapanma sürecinde deniz aracı aktivitesinde %69'luk bir düşüş, balıkçılık aktivitesinde %84 oranında bir düşüş ve deniz yolcusu trafiğinde ise %78'lik bir düşüşün yaşandığını belirtmiştir (Depellegrin vd., 2020). Bu sonuçları doğrulayan başka bir araştırma ise balıkçı ve yolcu teknesi/gemilerinin tam kapanma esnasında çok etkilendiğini ve sefer sayılarında büyük bir düşüş olduğunu ortaya koymuştur. COVID-19 salgınının ilk günlerinde pandemi; kruz gemilerindeki kalabalık yarı kapalı alanlar, deniz/okyanus üzerindeyken sınırlı tıbbî kaynaklar ve kurvaziyer limanlarında virüse maruz kalınma nedeniyle birçok yolcu gemisine yayılmıştır.

Kurvaziyer turlarında tespit edilen bu vakalar hastalığın hızla yayılmasına ve dünya genelinde riskin daha da çok artmasına neden olmuştur (Tardivel vd., 2019). İngiliz tescilli Diamond Princess, deniz taşımacılığında büyük bir salgın yaşayan ilk kruvaz gemisi olmuştur ve bu gemi 4 Şubat 2020'den itibaren Japonya Yokohama'da yaklaşık bir ay karantinaya alınmıştır. 3711 yolcu ve mürettebatı olan bu kruvaz gemisinde yaklaşık 700 kişi enfekte olmuştur ve 9 kişi hayatını kaybetmiştir (Kendrick, 2020; The Guardian, 2020). Yaşanan bu kriz nedeniyle birçok ülke limanlarına kruvaz gemilerinin yanaşmasını engellemiştir ve vatandaşlarına kruvaziyer turlarında seyahat etmekten kaçınmalarını tavsiye etmiştir. Pandeminin yayılmasını azaltmak için alınan sıkı önlemler ve azalan yolcu talebi nedeniyle çoğu kruvaziyer şirketi operasyonlarını askıya almıştır.

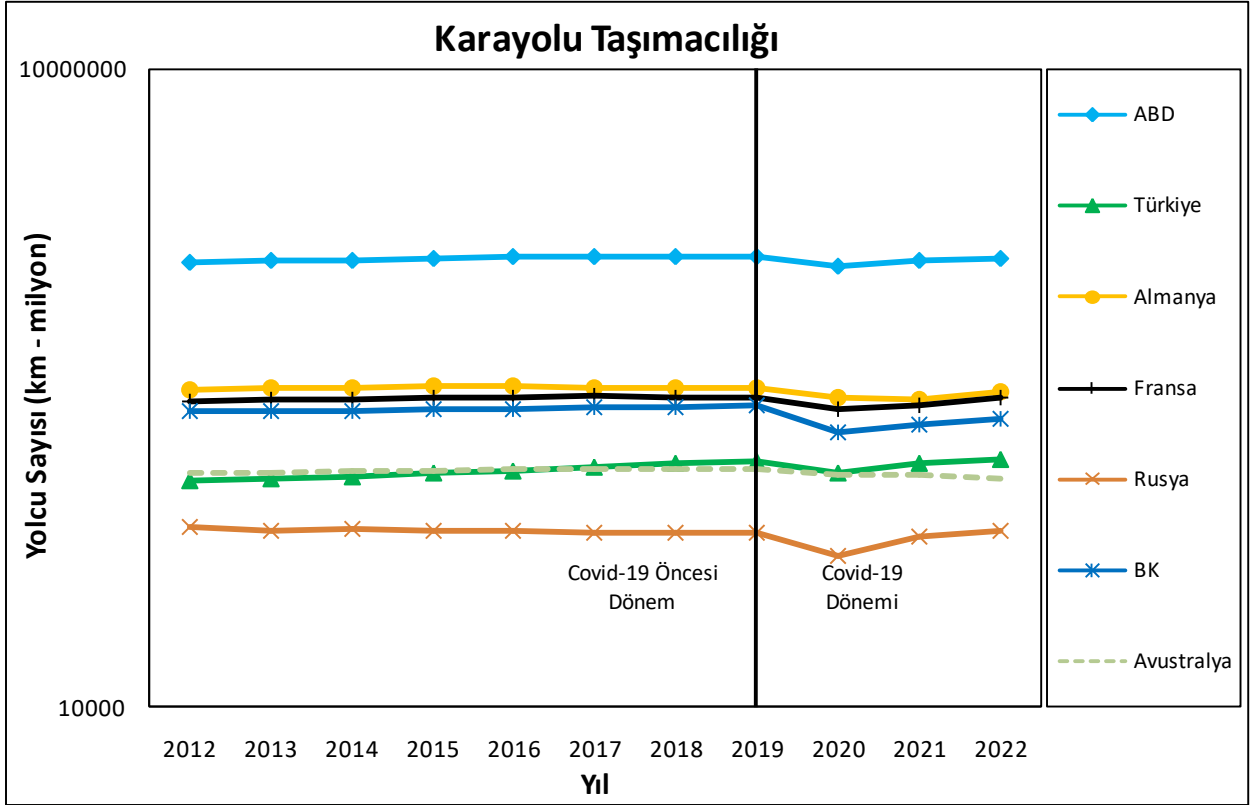
COVID-19 ve YOLCU TAŞIMACILIĞI

Karayolu Taşımacılığı

Bu çalışmada ele alınan ülkelerin karayolu ağındaki yolcu sayısının yıllara göre değişimi Şekil-1'de gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere yolcu sayısındaki düşüşün yaşandığı ülkelerin başında Birleşik Krallık (BK) gelmektedir. Pandemi sonrası dönemde karayolu taşımacılığının tam olarak toparlanamadığı İngiltere'de toplam yolcu sayısındaki azalmanın en önemli nedenleri; tam kapanma, evden çalışma, online alışveriş ve trafiğe kayıtlı yeni araç sayısındaki belirgin düşüş olarak sıralanmıştır.

Toplu taşıma araçlarını kullanan insanların önemli bir kısmı Covid-19 salgını boyunca daha çok yürümeyi ve daha çok bisiklet kullanmayı tercih etmiştir. Dolayısıyla karayolu taşımacılığındaki yolcu mobilitesindeki bu azalma; trafik sıkışıklılığını ve beraberinde emisyon salınımı nedeniyle oluşan çevresel kirlenmeyi de önemli ölçüde azaltmıştır. Bu durumu fırsata çevirmek isteyen aralarında Milan ve New York'un da bulunduğu şehirler, bilhassa metropolitan yollarını bisiklet kullanıcıları ve yayalar için daha fazla yer açacak şekilde yeniden yapılandırmaya yönelik çalışmalar başlatmıştır.

Türkiye'de salgın önlemleri kapsamında karayolu yolcu taşımacılığına yönelik bir dizi önlemler alınmıştır. İçişleri Bakanlığının 23 Mart 2020 tarihinde yayımladığı genelgeye bağlı olarak il ve ilçelerdeki tüm şehir içi ve şehirlerarası çalışan toplu taşıma araçlarında yolcu taşıma kapasitesinin en fazla %50'si oranında yolcu taşımacılığı yapılmasına müsaade edilmiştir. Ayrıca 65 yaş ve üzeri yolculara seyahat kısıtlaması getirilerek toplam yolcu hareketliliğinde önemli azalmalar görülmüştür. Bu çalışmadaki verilere göre Türkiye'deki karayolu taşımacılığındaki yolcu sayısı 2019 yılına nazaran 2020 yılında yaklaşık %15; 2021 yılında ise %1 azalmıştır ancak 2022 yılında toplam 348.489 yolcu sayısı (km-milyon) ile %3'lük bir artış görülmüştür.

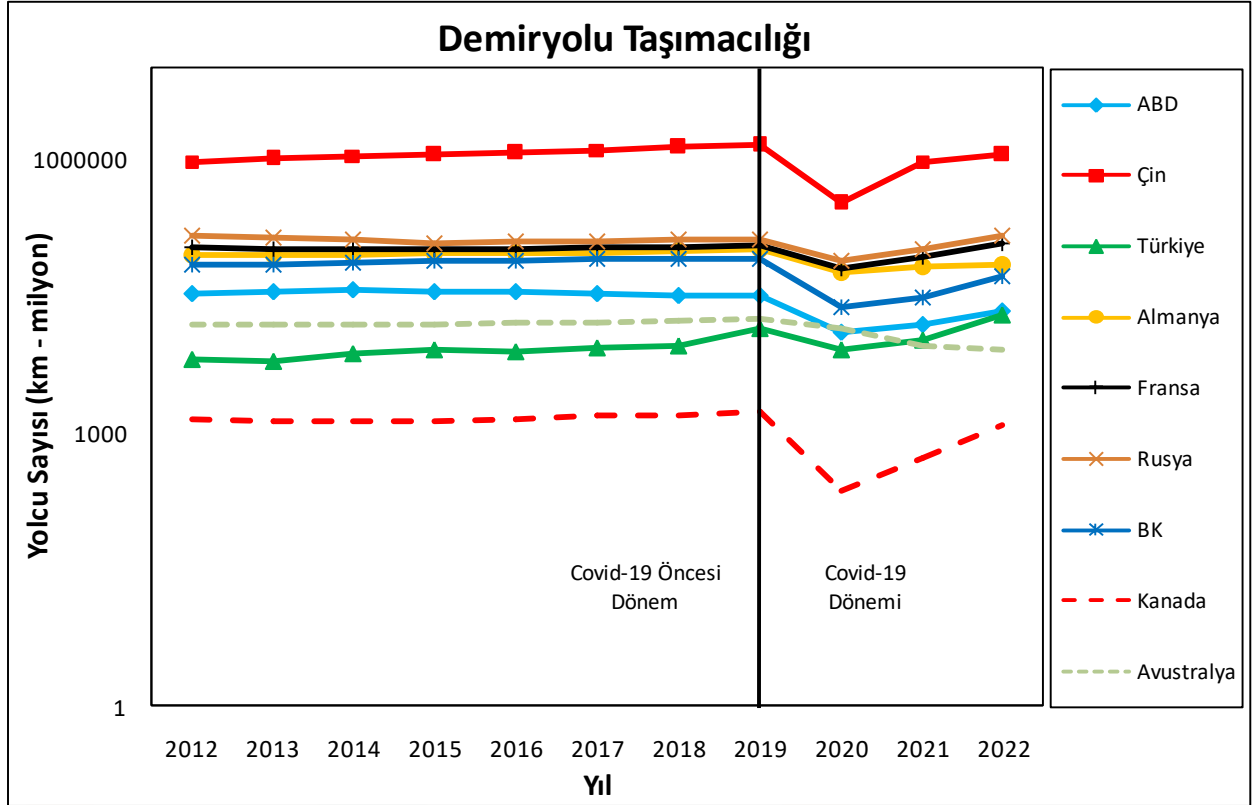


Şekil 1. Dünyada ve Türkiye’de Karayolu Yolcu Sayısı Değişimi (OECDiLibrary, 2023).

Not: Çin Cumhuriyeti, Kanada ve Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) için herhangi bir veri bulunamamıştır.

Demiryolu Taşımacılığı

Uluslararası Demiryolları Birliği, salgının demiryolu taşımacılığı üzerindeki açtığı krizin ciddi boyutlara ulaştığını belirtmiştir. Uzaktan çalışma, esnek çalışma, yüz yüze yapılan toplantı sayısındaki azalma ve tam kapanmalar nedeniyle yolcu trafiğinde önemli düşüşler görülmüştür. Daha somut olarak, bu çalışmada incelenen ülkelerin 2020 yılındaki toplam demiryolu yolcu sayısında (km-milyon) 2019 yılına nazaran yaklaşık %70 oranında bir azalma olduğu anlaşılmaktadır. Oysaki yük taşımacılığı pandemi nedeniyle daha az etkilenmiş olup bu süreçte yeni yük taşıma modelleri geliştirilmiştir. Bu nedenle, Covid-19 salgını sonrasında demiryolu ulaştırmasında yük taşımacılığındaki toparlanma süreci yolcu taşımacılığına nazaran daha hızlı gerçekleşmiştir. Bu çalışmada incelenen ülkelerin demiryolu yolcu sayısının yıllara göre değişimi Şekil-2’de verilmiştir.



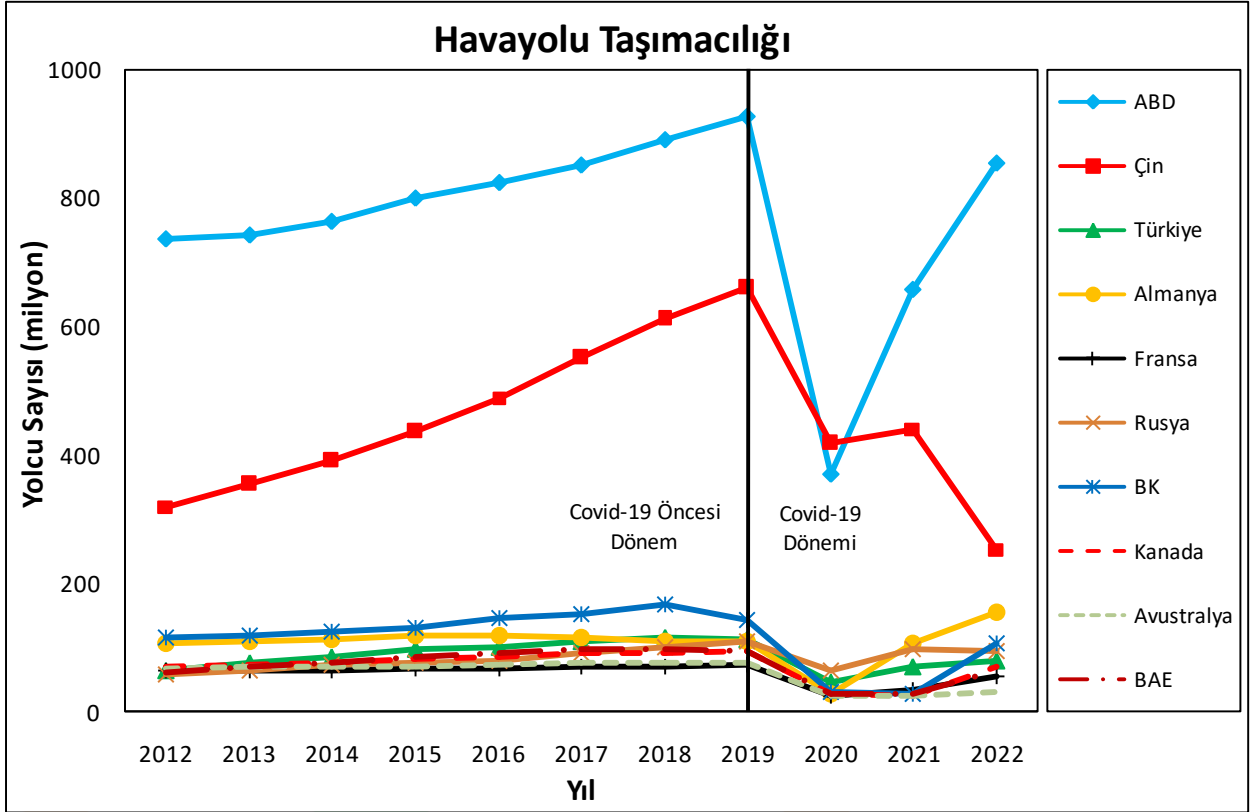
Şekil 2. Dünyada ve Türkiye’de Demiryolu Yolcu Sayısı Değişimi (OECDiLibrary, 2023).

Not: Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) için herhangi bir veri bulunamamıştır.

Pandemi sonrası dönemde Türkiye, Fransa ve Rusya demiryolu taşımacılığı anlamında önemli bir ivme yakalamış olup 2022 yılı sonu itibariyle bu üç ülkede ayrı ayrı toplam demiryolu yolcu sayısı 2019 yılındaki toplam yolcu sayısını geçmiştir. Türkiye’deki demiryolu ağı üzerinde 2022 yılında toplam 19.789 (km-milyon) yolcu hareketi tespit edilmiş olup bu değer pandeminin görüldüğü 2019 yılı toplamının hemen hemen %40’ından daha fazladır. Bu artışın en önemli nedenlerinden biri bu süreçte inşaat çalışmaları tamamlanan yüksek hızlı tren (YHT) hatlarının (Ankara YHT–Söğütluçeşme/Halkalı, Ankara–Karaman YHT, İstanbul–Eskişehir YHT, İstanbul–Konya YHT, İstanbul - Karaman YHT) hizmet sunmaya başlaması olmuştur.

Havayolu Taşımacılığı

2020 yılı sonu itibariyle Avrupa Birliği ülkelerinde uçak yolcusu sayısının toplam 277 milyon olduğu ve bu değer 2019 yılına nazaran %73 daha az olduğu görülmüştür (Eurostat, 2021). Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), havayolu taşımacılığının 2021 yılı sonu itibariyle Covid-19 salgınının en kötü dönemini atlattığını belirtmiştir ancak havacılık sektörünün virüsün artık "endemik" bir aşamasında faaliyet göstermesi için ülkelerin seyahat kurallarını basitleştirmesinin önemini vurgulamıştır. Covid-19 öncesi ve sonrası dönemde dünyadaki farklı ülkelerde ve Türkiye’de havayolu taşımacılığında yolcu sayısının değişimi Şekil-3’de verilmiştir.



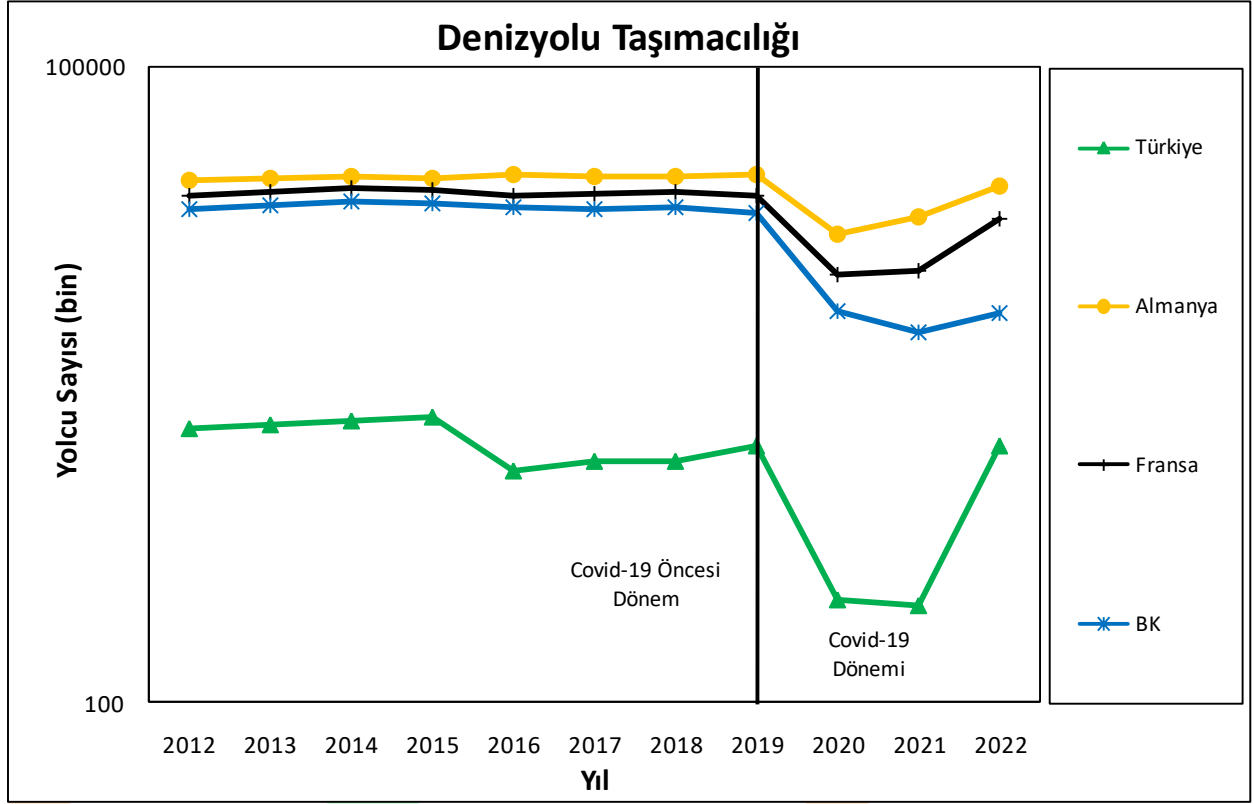
Şekil 3. Dünyada ve Türkiye’de Havayolu Yolcu Sayısı Değişimi (OECDiLibrary, 2023).

Bu çalışmada incelenen ülkelerin havayolu yolcu sayısının 2019 yılına kadar arttığı (Birleşik Krallık hariç) gözlenirken Covid-19 salgınının ortaya çıkmasıyla birlikte tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yolcu sayısında önemli bir azalma olmuştur. Aşının bulunmasıyla ve dolayısıyla tam kapanmadan kademeli bir şekilde normalleşme sürecine geçilmesiyle birlikte Çin ve Rusya hariç diğer ülkelerin havayolu yolcu sayısında tekrar bir artış eğilimi görülmektedir. Covid-19 salgınının Çin’de endemik olarak devam etmesi ve 2022 yılında başlayan Rusya-Ukrayna savaşı sonrasında Avrupa Birliği’nin hava sahasını Rus uçaklarına kapatması ve ardından Rusya’nın da 36 ülkeye hava sahasını kapatması nedeniyle Çin ve Rusya’da havayolu taşımacılığında pandemi sonrasında tam bir iyileşme sağlanamamıştır. Almanya’daki havayolu yolcu sayısı ise 2022 yılı sonu itibariyle 155.7 milyona ulaşarak Covid-19 salgınının ortaya çıktığı 2019 yılındaki toplam yolcu sayısının (109.63 milyon) üzerine çıkmıştır.

Denizyolu Taşımacılığı

COVID-19 salgını öncesinde yılda 30 milyon yolcu taşımacılığı yapan küresel kurvaziyer pazarı önemli bir büyüme fazı içindeydi. 2019 yılında toplam 7.5 milyon kurvaziyer yolcusu olan Avrupa bu küresel pazarın %25’ine sahipti. Ancak 2020 yılında bu oran yaklaşık %80 oranında azalma göstermiştir (European Maritime Safety Agency, 2021). Bir başka veriye göre ise pandemi öncesi dönemde global olarak 42 milyar dolarlık pazar büyüklüğüne ulaşan kurvaziyer sektörü 2020 yılını %100’e varan orandaki bir kayıpla kapatmıştır. Deniz taşımacılığının içinde bulunduğu bu durum McKinsey raporu’nda "Küresel kurvaziyer endüstrisi COVID-19’un başlangıcından bu yana, gelirlerini neredeyse tamamen kaybetti" şeklinde değerlendirilmiştir. Bu makalede incelenen ülkelerin tamamı için güvenilir veriye tam

olarak ulaşılamamıştır ancak Türkiye, Almanya, Fransa ve Birleşik Krallık (BK) için deniz yolcusu sayısının pandemi öncesi ve sonrasında nasıl değiştiği Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Dünyada ve Türkiye’de Denizyolu Yolcu Sayısı Değişimi (OECDiLibrary, 2023).

Not: Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin Cumhuriyeti, Rusya, Kanada, Avustralya ve Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) için herhangi bir veri bulunamamıştır.

2022 yılı itibariyle, bu dört ülke arasında Covid-19 öncesi yolcu sayısını yakalayabilen tek ülke Türkiye olmuştur. Türkiye’de 2019 yılında seyahat eden toplam deniz yolcusu sayısı 1.612.000 iken bu rakam 2022 yılı itibariyle 1.622.000 olmuştur. Aynı süreçte BK’da %66, Fransa’da %23 ve Almanya’da %12’lik azalma kaydedilmiştir.

SONUÇLAR

Tüm dünyayı saran coronavirüs salgını nedeniyle en çok etkilenen sektörlerden biri ulaştırma sektörü olduğundan ileriye dönük yapılan analizlere göre pandemi sonrası tam bir toparlanmanın en geç yine ulaştırma sektöründe olacağı öngörülmektedir. Yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı seviyesinde her bir ulaştırma modu pandemiden farklı şekillerde etkilenmiştir. COVID-19 salgını süresince gerek yolcuların kendi tercihleri gerekse zorunlu kısıtlamalar nedeniyle her bir ulaştırma sistemindeki yolcu sayısında önemli azalmalar gözlenmiştir. Bu çalışmada dünyanın önde gelen ülkeleri ve Türkiye’de küresel salgın öncesinde ve sonrasında karayolu, havayolu, demiryolu ve denizyolundaki yolcu sayılarının nasıl değiştiği incelenmiştir. Yolcu sayısında oransal olarak en büyük düşüş Türkiye’de deniz yolu taşımacılığında; tüm dünyada ise havayolu taşımacılığında görülmüştür. İleriki çağlarda yaşanabilecek benzer salgınların ulaştırma sektörü üzerindeki etkilerini minimize veya tamamıyla yok etmek amacıyla ülkelerin motorlu taşıma yerine aktif ulaşımı teşvik edici önlemleri ivedilikle almaları büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Arap Trade Union Trade Confederation (2020). Impact of the Covid 19 on the Transport Industry.
- Deb, S. and Hinge, G. (2023). Passenger's perception about city buses in the aftermath of COVID 19: Experience from Guwahati city, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 85, 103489, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103489>.
- Depellegrin, D., Bastianini, M., Fadini, A., and Menegon, S. (2020). The effects of COVID-19 induced lockdown measures on maritime settings of a coastal region. *Science of the Total Environment*, 740, 140123, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140123>.
- European Maritime Safety Agency (2021). Impact of Covid-19 on the Maritime Sector in the EU.
- Eurostat. (2021). Air passenger transport decreased by 73% in 2020. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20211206-1>.
- Kendrick, M. (2020). "How Dangerous is Covid-19?". August 2020. <https://drmalcolmkendrick.org/2020/10/26/how-dangerous-is-covid19/>
- Li, Y., Wang, J., Huang, J., and Chen, Z. (2022). Impact of COVID-19 on domestic air transportation in China. *Transport Policy*, Vol. 122, pp. 95-103, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.04.016>.
- Menhat, M., Zaideen, I. M. M., Yusuf, Y., Salleh, N. H. M., Zamri, M. A., and Jeevan, J. (2021). The impact of Covid-19 pandemic: A review on maritime sectors in Malaysia. *Ocean & coastal management*, Vol. 209, 105638, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105638>.
- OECDiLibrary. (2023). Statistics Transport Passenger transport https://www.oecd-ilibrary.org/transport/passenger-transport/indicator/english_463da4d1-en
- Pang, J., He, Y., and Shen, S. (2023). High-Speed railways and the spread of Covid-19. *Travel Behaviour and Society*, Vol. 30, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.08.001>.
- Ritchie, H., Mathieu, E., Rodés-Guirao, Lucas., Appel, C., Giattino, C., Ortiz-Ospina, E., Hasell, J., Macdonald, B., Beltekian, D., Dattani, S., and Roser, M. (2023). "Coronavirus Pandemic (COVID-19)". *Our World in Data*. Retrieved 25 November 2023.
- Shaik, M. E. and Ahmed, S. (2022). An overview of the impact of COVID-19 on road traffic safety and travel behavior. *Transportation Engineering*, 9, 100119, <https://doi.org/10.1016/j.treng.2022.100119>.
- Sun, X., Wandelt, S., and Zhang, A. (2020). How did COVID-19 impact air transportation? A first peek through the lens of complex networks. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 89, 101928, <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101928>.
- Sun, X., Wandelt, S., Zheng, C., and Zhang, A. (2021). COVID-19 pandemic and air transportation: Successfully navigating the paper hurricane. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 94, 102062, <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102062>.
- Sun, X., Zheng, C., Wandelt, S., and Zhang, A. (2023). Air transportation and COVID-19: A tale with three episodes. *Transport Economics and Management*, Vol. 1, pp. 13-21, <https://doi.org/10.1016/j.team.2023.05.001>.
- Tardivel, K., White, S. B., Duong, K. K. (2019). "Cruise Ship Travel – Chapter 8 – 2020 Yellow Book | Travelers' Health | CDC". *C.cdc.gov*. Retrieved 12 April 2020.
- The Guardian (2020). "Cruise ship accounts for more than half of virus cases outside China – as it happened". Archived from the original on 4 March 2020. Retrieved 5 April 2020.
- Vichiensan, V., Hayashi, Y., and Kamnerdsap, S. (2023). Passengers' perception of COVID-19 countermeasures on urban railway in Bangkok. In *Transportation Amid Pandemics*, pp. 293-307, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99770-6.00027-2>.



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

Wang, R., Zhang, Z., and Wolshon, B. (2023). Estimating long-term and short-term impact of COVID-19 activity restriction on regional highway traffic demand: A case study in Zhejiang Province, China. *International journal of disaster risk reduction*, 85, 103517, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103517>.

Zhu, P. and Guo, Y. (2021). The role of high-speed rail and air travel in the spread of COVID-19 in China. *Travel medicine and infectious disease*, 42, 102097, <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2021.102097>.



Dondurma Üretimi Atıksularının Elektrokimyasal Arıtımında Organik Bozunma Parametrelerinin İncelenmesi

Abdulkerim AKYÜZ¹

Murat SOLAK²

Özet

Dünya nüfusundaki artış, her geçen gün değişen ve gelişen insan ihtiyaçlarının karşılanması adına endüstriyel tesislerdeki üretimin artmasına neden olmaktadır. Üretim esnasında kullanılan hammaddelerin ve üretim sonucu oluşan atıkların miktarı oldukça fazladır. Bu üretimlerin yapılabilmesi için en tabii ihtiyaçların başında su gelmektedir. Yüksek miktarlarda su tüketen endüstriyel tesislerde oluşan atıksuların arıtılması ve tekrar kullanılması son derece önemlidir. Dondurma üretim sektörü su tüketiminin ve atıksu üretiminin yoğun olduğu sektörlerden biridir. Yoğun kirletici içeriği olan endüstriyel atıksuların arıtımında elektrokimyasal proseslerin kullanımı son dönemlerde artmıştır. Bu çalışmada Al/SS/Al ve Fe/SS/Fe elektrot bağlantı türlerinin kullanıldığı Elektrokoagülasyon (EK) prosesi ile Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Organik Karbon (TOK) giderim verimlerinin etkinliği araştırılmıştır. Al/SS/Al ve Fe/SS/Fe elektrot türünün kullanıldığı elektrokimyasal sistemde KOİ giderim verimleri sırasıyla, %70 ve %65 olarak belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, dondurma atıksularının biyolojik bozunurluğunun belirlenmesi amacıyla Ortalama Oksidasyon Durumu (OOD), Karbon Oksidasyon Durumu (KOD) ve KOİ/TOK oranı gibi parametreler incelenmiştir. Elektrokimyasal proseslerin işletilmesinde en önemli parametrelerden enerji tüketimi, akım verimi, elektrik enerjisi verimi gibi parametreler hesaplanmıştır. Elektrotların enerji tüketimi Al/SS/Al için 6.14 kWh/m³, Fe/SS/Fe için ise 5.20 kWh/m³ olmuştur. Çalışmada yüksek KOİ içeriğine sahip atıksulardan biri olan dondurma üretimi atıksularının arıtımında özellikle Al/SS/Al elektrot türünün kullanıldığı elektrokimyasal prosesin etkin olduğu ancak atıksuyun geri kazanım açısından yeterli olmadığı ve ön arıtma olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: elektrokoagülasyon, dondurma üretim atıksuları, organik bozunma parametreleri

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Düzce Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-1814-3558

² Dr. Öğr. Üyesi, Düzce Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0003-1542-1599

1.GİRİŞ

Yaşadığımız gezegenin %71'den fazlası sudan oluşsa da denizler, yani tuzlu sular, tüm su dağıtımının %97.5'ini oluşturmakta, bu da küresel olarak kullanılabilir su kaynaklarının mevcudiyeti için ciddi bir sorun ortaya çıkarmaktadır. Dünya tatlı su kaynaklarının %68'inden fazlası buzullarda ve %30'u yeraltında bulunduğundan, kullanılabilir temiz su kaynakları oldukça kısıtlıdır (Balfaqih, 2016). Bu nedenle su kaynaklarının kirlenmesindeki en büyük potansiyel olarak görülebilecek olan endüstriyel üretim süreçlerinde su tüketiminin ve atıksu üretiminin kontrollü olması, üretim süreçleri sonucunda ortaya çıkan atıksuların etkin şekilde arıtılarak su döngüsüne dahil edilmesi suyun sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir ve bu nedendir ki atıksu arıtımı için daha etkili ve ucuz teknikler araştırmaların hedefi olmuştur (Mollah vd., 2001).

Dondurma üretim tesislerinde su tüketimi oldukça fazladır. Bu nedenle dondurma üretim sürecinin ve dondurma üretimi sürecinde ortaya çıkan atıksuların etkin bir şekilde arıtılması için yeni tekniklerin araştırılması konusu oldukça önemlidir. Dondurma, sütlü dondurma, yarım yağlı dondurma ve yağsız dondurma olarak farklı şekillerde üretilebilmektedir. Bugüne baktığımızda ise; şeker, yumurta, salep, tatlandırıcılar, stabilizatörler, emülgatörler, aroma vericiler ve renklendirici parçacıklar ile artık farklı tarzlarda sunulabilen bir son ürün haline gelmiştir. Arşivlerde yer alan geçmiş belgeler, Çinlilerin dondurmaya ilk kez yaklaşık 3000 yıl önce icat ettiğini göstermektedir. Kıtadaki diğer türler, özellikle İtalya, İngiltere ve Fransa'daki önemli türler ilk olarak Çinliler tarafından üretilen dondurmadan esinlenilmiştir. Atlantik üzerinden Avrupa'dan Amerika'ya gelmiştir. 16. yüzyıla kadar uzanan Avrupa tarihi kayıtlarındaki kaynaklar, kış aylarında dağların üst kısımlarından toplanıp kırılarak buza dönüştürüldüğünü ve buzun küçük bölmeli mağaralarda depolandığını belirtmektedir. Ancak bugünkü dondurma olarak değil bilindik buz yapısındadır. Dondurma ürünü Avrupa'da ilk kez 13. yüzyılın sonlarına doğru tanınmaya başlanmış ve 1296'da Marco Polo'nun Çin seyahatleri sırasında gözlemediği buzdan yapılan yemek tariflerini Venedik'e getirmesiyle dondurma üretim süreçleri başlamıştır (Öztürk, 2019).

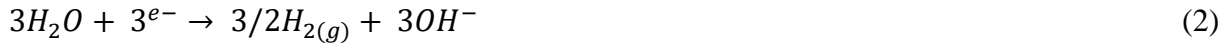
Süt ve süt ürünleri üretim süreçlerinde de ciddi miktarlarda su kullanılmakta ve dolayısıyla yüksek miktarlarda atıksu oluşmaktadır. Bu atıksular yüksek KOİ, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Askıda Katı Madde (AKM), yağ-gres, TOK gibi kirleticileri içermektedir. Bu tür atıksuların arıtımında fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma teknikleri kullanılmaktadır. Dondurma üretimi atıksularının arıtımında konvansiyonel bir arıtma dizisi olarak dengeleme, koagülasyon, nötralizasyon, flokülasyon, çöktürme, çözünmüş hava flotasyonu, aktif çamur ve son çöktürme kullanılmaktadır. Bu proses dizisi ile dondurma üretim atıksuları deşarj standartlarını sağlayacak şekilde arıtılabilmektedir. Ancak, bu sektörde yeni nesil tekniklerin geliştirilerek aşamaların daha da azaltılması böylece arıtma işletim maliyetlerinin minimize edilmesi konusundaki araştırmalar yapılmalıdır. İleri arıtma metotlarından biri olan elektrokimyasal yöntem, gaz, sıvı ve katıların yer aldığı ortamlarda kolay uygulanabilmesi ve kirleticilerin giderilmesi için yeni nesil yöntemler başlığı altında öncüdür. Elektrokimyasal yöntemin avantajlarına bakıldığında; elektronlar kullanılarak arıtım gerçekleştirilmektedir ve arıtım sonucunda yeni 2 ürünlerin ortaya çıkması ya da atıkları daha az zararlı hale getirip çevreye olan etkisini azaltmaktadır (Uğurlu, 2004). Elektrokimyasal yöntemler arasında Elektrokimyasal Oksidasyon (EO), Elektrokoagülasyon (EK), Elektrodializ (Öktem, 2014), Elektrodiziyonizasyon (Arnell, 2004) gibi kimyasal arıtma teknikleri, su tiplerini pratik kullanım için kapsamlı bir şekilde hazırlamadaki etkinlikleri nedeniyle son 10 yılda büyük ilgi görmüştür (Garcia-Segura vd., 2017). EK prosesinde çözünür elektrot türü olarak Al (alüminyum), Fe (demir), Cu (bakır), Zn (çinko), Mg (magnezyum) gibi elektrotlar kullanılmaktadır. Bu proseste ucuz, kolay temin

edilebilmeleri, daha yüksek yük değerliğine sahip olmaları ve elektriksel çift tabakanın daha etkili bir şekilde sıkıştırılması nedeniyle Al ve Fe elektrotlarının kullanımı daha yaygındır (Das vd., 2022). Al elektrodu ile elektrokimyasal reaktörde meydana gelen reaksiyonlar Eşitlik 1-3'te verilmiştir.

Anotta



Katotta



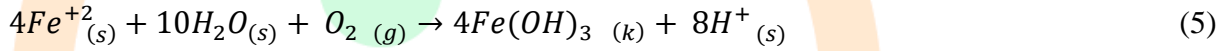
Çözeltide



Elektrolitik sistem, demirin oksidasyonunun bir sonucu olarak demir hidroksit, $Fe(OH)_n$ (burada $n=2$ ya da 3) üretir (Mollah vd., 2001). $Fe(OH)_n$ sentezi için iki farklı yöntem önerilmiştir(Eşitlik 4-11).

1.Mekanizma

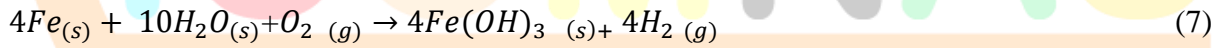
Anotta



Katotta



Çözeltide



2.Mekanizma

Anotta



Katotta



Çözeltide



Çalışmada, Al ve Fe elektrotlarının kullanıldığı EK prosesi ile dondurma üretimi atıksularından KOİ ve TOK giderim etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca, organik bozunma

etkinliğinin belirlendiği ortalama oksidasyon durumu ve karbon oksidasyon durumu gibi parametreleri ile EK prosesinin enerji kullanım etkinliğini belirleyen enerji tüketimi, enerji verimi ve akım verimi gibi parametreler incelenmiştir.

2.YÖNTEM

2.1 Atıksu Karakterizasyonu

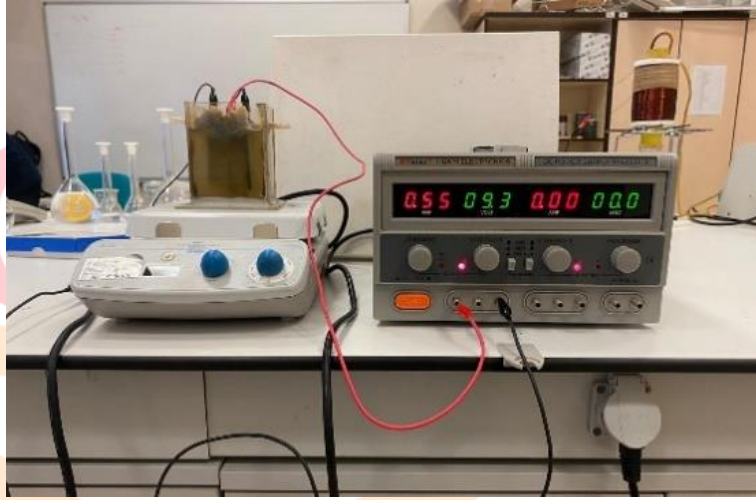
Ham atıksuyun karakterizasyonu Tablo 1’de görülmektedir. Ham atıksu dondurma üretimi yapan bir gıda firmasının atıksu arıtma tesisi girişinden alınmıştır.

Tablo 1. Ham atıksu karakterizasyonu

Parametre	Değer/Konsantrasyon
pH	4,52±0,2
Çözünmüş KOI	5300 mg/L
TOK	1500 mg/L
İletkenlik	2,55 mS/cm

2.2 EK Model Reaktörü

EK prosesinin deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 1’de görülmektedir. Model reaktör, HxBXL 85x80x80 mm olarak tasarlanmıştır. Model reaktörde kullanılan Al elektrodunun boyutları, 40*80*0.1 mm, Fe elektrot sistemi için 40*80*0.3 mm’dir.



Şekil 1. EK Deney Düzeneği

2.3 Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda kesikli olarak çalıştırılan reaktöre 450 mL atıksu numunesi eklenmiştir. Elektrotlar amaçlanan elektrot bağlantı sistemine paralel bağlı olarak yerleştirildikten sonra elektroliz işlemi başlatılmıştır. Çözeltideki anyon ve katyon etkileşimini en üst düzeye çıkarmak, reaktörde çökelmeyi önlemek ve giderme verimliliğini artırmak için 150 rpm’lik bir karıştırma hızında sürekli olarak çalıştırılmıştır. EK prosesinin etkinliğini belirlemek amacıyla TOK ve KOİ parametreleri incelenmiştir.

2.4 Metot

Deneyisel çalışmalarda, giriş ve çıkış suyu örneklerinde KOİ konsantrasyonlarının belirlenmesi için Standart Metot (5220 D) metot kullanılmıştır. TOK konsantrasyonlarının belirlenmesinde Shimadzu TOK cihazı (L model) (TS 8195 EN 1484) kullanılmıştır. pH ve iletkenlik, elektrometrik metoda (SM 4500-H+) göre Hanna cihazı kullanılarak belirlenmiştir (APHA, 2012). Akım ve voltaj kontrolü (DC Power Supply (0-30V, 0-3A)) güç kaynağı ile sağlanmıştır. Karıştırma işleminde SCIllogex MSH 280-Pro model karıştırıcı kullanılmıştır. pH ölçümleri Hanna HI 2211 model pH metre ile elektrometrik, iletkenlik ölçümleri Hach İletkenlik ölçer ile elektrometrik yöntem ile gerçekleştirilmiştir.

2.5 Kullanılan Eşitlikler

2.5.1 Akım Verimi

Elektrokimyasal oksidasyon prosesinin teknik fizibilitesi genellikle KOİ giderimi açısından değerlendirilmektedir. Giderilen KOİ, akım verimliliği kullanılarak kirletici konsantrasyonunda bir azalmaya neden olan elektrik akımı miktarına dönüştürülebilir. Akım verimliliği, ilgili elektrot reaksiyonu tarafından tüketilen elektriğin devreden geçen elektriğe oranını ifade eder. KOİ giderimine dayalı akım verimliliği (A.V.) Eşitlik 12 ile hesaplanmıştır (Kuleyin vd., 2021).

$$\text{Akım Verimliliği (A.V.)} = n_0 \cdot F \cdot v \cdot \frac{\text{KOİ}_0 - \text{KOİ}_t}{M_{\text{O}_2 \cdot \text{i.t}}} \quad (12)$$

Burada, A.V.: Akım verimliliği, n_0 : suyun oksidasyonu için gerekli elektron sayısı ($n = 4$), F : F Faraday sabiti ($96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$), v ise atıksu (m^3), KOİ_0 ve KOİ_t ise sırasıyla, atıksudaki başlangıçta ve oksidasyondan sonra çıkış KOİ konsantrasyonlarıdır. (g/L), M_{O_2} : oksijenin moleküler ağırlığı ($32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), I , uygulanan akım (A), t ise elektroliz süresidir (saniye)(Kuleyin vd., 2021).

2.5.2 Tüketilen Enerji

Elektrokimyasal proseslerde enerji tüketimi kirletici giderim verimini ve işletme maliyetini etkileyen en önemli parametrelerden biri olması nedeniyle deneysel çalışmalarda değerlendirilmesi gerekir. Enerji tüketimi Eşitlik (13) ile hesaplanmıştır.

$$E. T. = \frac{V \cdot i \cdot t}{v} \quad (13)$$

Burada, E.T.: Enerji Tüketimi (kWsa/m^3), V : Volt (V), i : Akım (A), t : Zaman (saat), v : Toplam atıksu hacmi (m^3)

2.5.3 Ortalama Oksidasyon Durumu

Atıksulardaki organik kirleticilerin biyolojik bozunma etkinliklerinin değerlendirildiği parametrelerden biri de Ortalama Oksidasyon Durumdur. Ortalama Oksidasyon Durumu Eşitlik 14'te verilen formül ile hesaplanmıştır (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).

$$\text{AOS} = 4 - 1.5 * \left(\frac{\text{COD}}{\text{TOC}} \right) \quad (14)$$

2.5.4 Karbon Oksidasyon Durumu

Atıksulardaki organik kirleticilerin biyolojik bozunma etkinliklerinin değerlendirildiği parametrelerden biri de Ortalama Oksidasyon durumudur. Ortalama oksidasyon durumu Eşitlik 15'te verilen formül ile hesaplanmıştır (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).

$$COS = 4 - 1.5 * \left(\frac{COD}{TOC_0} \right) \quad (15)$$

3.BULGULAR

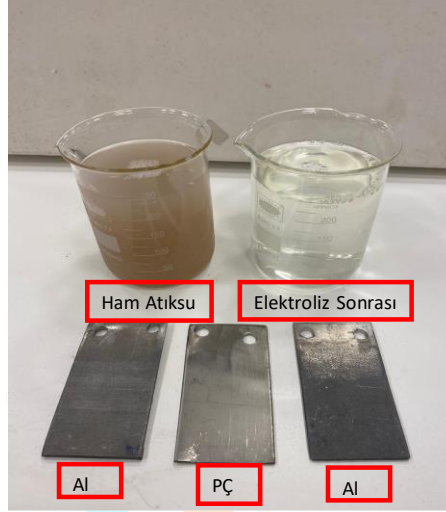
3.1. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörde elektroliz süresinin KOİ ve TOK giderimine etkisi

Tablo 2'de Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin deneysel çalışma sonuçları görülmektedir. Başlangıç pH değeri 4.52 iken deneysel çalışma sırasında 5.8-6.21 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Ortalama voltaj değeri 8.70-9V olarak tespit edilirken, iletkenlik değeri 2.15-1.96 mS/cm aralığında değişim göstermiştir. 5300 mg/L başlangıç konsantrasyonuna sahip atıksuyun çıkış KOİ değerleri 1595-1990 mg/L aralığında, çıkış TOK konsantrasyonu değerleri 700-920 mg/L olarak tespit edilmiştir. KOD değeri -1.3 ten 2.40'ya yükselirken, OOD değeri -1.3 ten 0.80'ye yükselmiştir. Deney sırasında enerji tüketimi 0.76-6.14 kWsa/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Al /SS/Al Elektrot bağlantı sistemi deneysel çalışma sonuçları

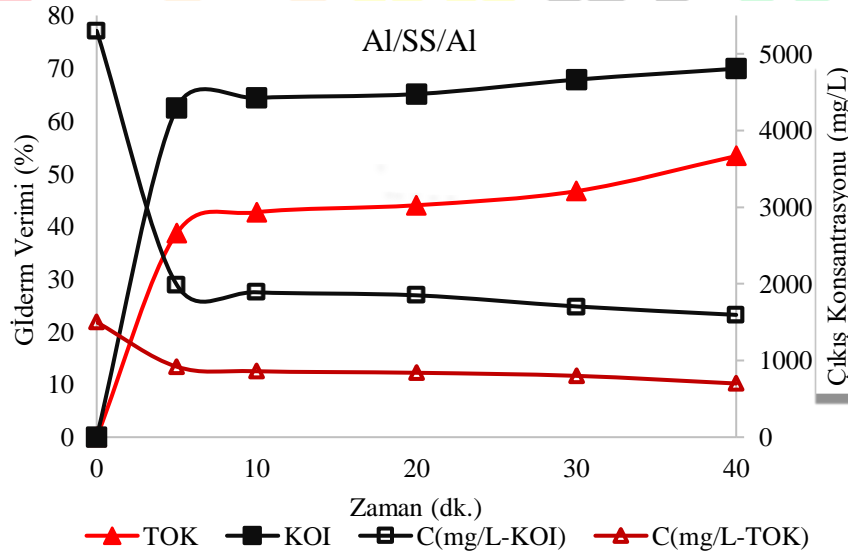
Süre(dk)	Çıkış pH	Çıkış İletkenlik (mS/cm)	Çıkış KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	ÇIKIŞ TOK (mg/L)	TOK Giderim Verimi (%)	KOD	OOD	Enerji Tüketimi kWsa/m ³
0	4.52	2.55	5300	-	1500	-	-1.3	-1.3	-
5	5.8	2.15	1990	62.45	920	38.67	2.01	0.75	0.76
10	5.94	2.10	1890	64.33	860	42.67	2.11	0.70	1.53
20	6	2.05	1850	65.09	840	44	2.15	0.69	3.07
30	6.21	2.00	1705	67.83	800	46.67	2.29	0.80	4.61
40	6.24	1.96	1595	69.90	700	53.33	2.40	0.58	6.14

Ham atıksu ve Al/SS/Al elektrot bağlantı türlerinin kullanıldığı elektrokimyasal reaktör ile arıtım sonrası atıksuyun görselleri Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Ham atıksu ve Al /SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı EK sonrası atıksu

Şekil 3’de Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin KOİ-TOK giderim verimlerinin, çıkış KOİ-TOK konsantrasyonlarının elektroliz süresi ile değişimi verilmiştir. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal processte KOİ giderim verimi %62.45-69.90 aralığında değişim gösterirken, TOK giderim verimi %38.67-53.33 aralığında değişim göstermiştir. Süt endüstrisi atıksularından KOİ ve bulanıklık giderimini tespit etmek için yapılan deneysel çalışmada; pH 7, 43 A/m² akım yoğunluğu ve 25 dakikalık akım süresindeki alüminyum elektrotlar kullanılarak %61 KOİ ve %100 bulanıklık giderme verimi elde edilmiştir (Tchamango vd., 2010). Başka bir Al elektrot kombinasyonun kullanıldığı çalışmada ise sadece 2.5 V akım oluşturarak KOİ giderim verimi üzerine çalışılmıştır. Bu deney sonucunda %55.5’lik KOİ giderim verimi elde edilmiştir(Mollah vd, 2001)



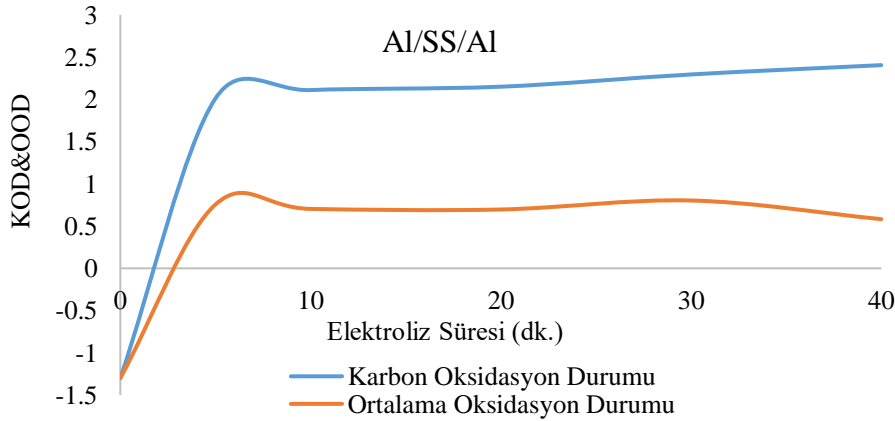
Şekil 3. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin KOİ-TOK Giderim Verimlerinin, çıkış KOİ-TOK konsantrasyonlarının elektroliz süresi ile değişimi

3.2. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörün Biyo-Bozunurluk potansiyelinin değerlendirilmesi

Şekil 4’de Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumlarının elektroliz süresi ile değişimi verilmiştir. Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumu bakımından sürenin artmasıyla bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Bu değerlerin artması etkin oksidasyon sürecinin işlediğini göstermektedir.

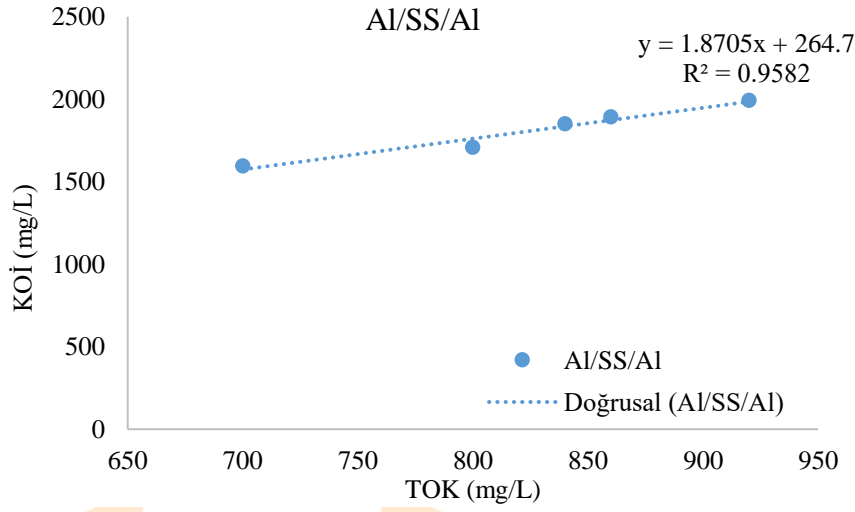
Ortalama oksidasyon durumu (OOD) ve karbon oksidasyon durumu (KOD) parametreleri elektrokimyasal prosesler sonrasında atıksuların biyolojik bozunabilirliğinin belirlenmesinde kullanılan iki önemli parametredir. OOD atıksuyun biyobozunurluğundaki değişikliklere neden olan varyasyonları belirlemek için kullanılırken, KOİ proses verimliliğinin göstergesi olarak kullanılır (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).

OOD, atıksuda kalan organik bileşiklerin genel bir ölçüsü olarak kullanılabilirken, KOD, atıksudan CO₂ formundaki karbonun elimine edilmesini temsil eder. Yüksek KOD değerleri, proses çıkışındaki organik bileşiklerin esas olarak organik asitlerden oluştuğunu ve OOD'deki artışın biyolojik bozunabilirliğin arttığını göstermektedir (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).



Şekil 4. Karbon/Ortalama oksidasyon değerlerinin zamanla değişimi

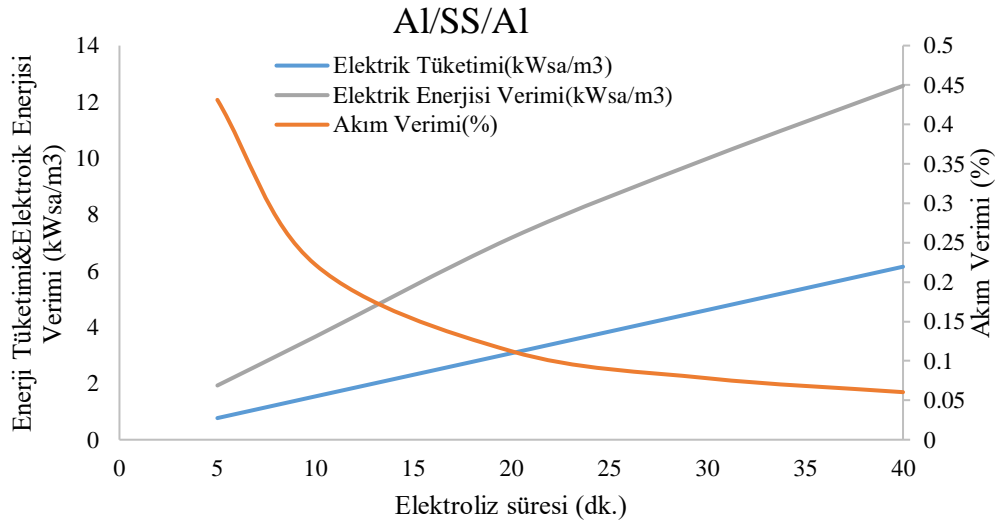
Şekil 4’de, Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumlarının elektroliz süresi ile değişimi prosesin belirli bir noktasında KOİ değerinin TOK değerine oranı, mevcut organik atıksu bileşenlerinin türü hakkında fikir vermektedir. Şekil 5’de Al/SS/Al elektrot türünün kullanıldığı elektrokimyasal reaktör için TOK/KOİ arasındaki ilişki verilmiştir. Buna göre, TOK/KOİ oranı 1.87 (Bu oran aşağıdaki denklemdeki x in önündeki katsayı) olarak belirlenmiştir. Yüksek KOİ/TOK oranı organik maddelerin etkin şekilde bozunduğunu ifade etmektedir (Kobyay ve Delipinar, 2008).



Şekil 5. Dondurma üretimi atıksuyu için TOK/KOİ arasındaki ilişki

3.3. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörün enerji tüketimi, enerji ve akım verimliliği parametrelerinin değerlendirilmesi

Enerji tüketimi, atıksuyun elektrokimyasal arıtımı için en önemli konudur. Reaksiyon süresinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi elektrot bağlantı sisteminde belirlenmiştir. Enerji tüketimi elektroliz süresinin artmasıyla 0.76'den 6.14 kWsa/m³'e, elektrik enerjisi verimi 1.92'den 12.57 kWsa/m³'e artış gösterirken, akım verimi 0.43'den 0.060'a azalmıştır (Şekil 6). Bu durum, atık sudaki bozunabilir bileşiklerin konsantrasyonunun azalması ve OH⁻'nin üretilen bileşikleri verimli bir şekilde bozunamaması ile açıklanabilir (Kuleyin vd., 2021).



Şekil 6. Al/SS/Al elektrot bağlantı sistemi için Enerji tüketimi (E.T.), enerji verimliliği (E.V.) ve akım verimliliği (A.V.)

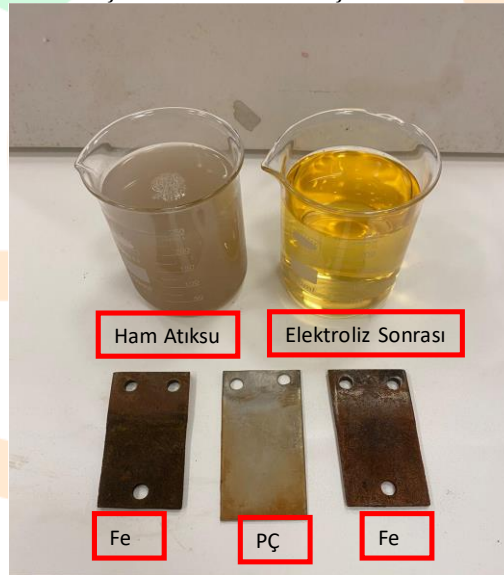
3.4. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörde elektroliz süresinin KOİ ve TOK giderimine etkisi

Tablo 2’de Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin deneysel çalışma sonuçları verilmiştir. Başlangıç pH değeri 4.52 iken deneysel çalışma sırasında 5.8-8.2 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Ortalama voltaj değeri 7.5-7.65V olarak tespit edilirken, iletkenlik değeri 2.45-2.77 mS/cm aralığında değişim göstermiştir. 5300 mg/L başlangıç konsantrasyonuna sahip atıksuyun çıkış KOİ değerleri 1855-2000 mg/L aralığında değişim göstermiştir. 1500 mg/L TOK değerine sahip atıksuyun çıkış TOK konsantrasyonu değerleri 735-840 mg/L olarak tespit edilmiştir. KOD değeri -1.3 ten 2.14’a yükselirken, OOD değeri -1.3 ten 0.21’e yükselmiştir. Deneysel çalışmada enerji tüketimi 0.66-5.20 kWsa/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2.Fe /SS/Fe Elektrot bağlantı sistemi deneysel çalışma sonuçları

Süre(dk)	Çıkış pH	Çıkış İletkenlik (mS/cm)	Çıkış KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	ÇIKIŞ TOK (mg/L)	TOK Giderim Verimi (%)	KOD	OOD	Enerji Tüketimi kWsa/m ³
0	4.52	2.55	5300	-	1500	-	-1.3	-1.3	-
5	5.8	2.7	2000	62.26	840	44	2	0.42	0.66
10	6.35	2.77	2020	61.88	820	45.33	1.98	0.30	1.32
20	7.48	2.7	1900	64.15	760	49.33	2.1	0.25	2.60
30	7.94	2.6	1835	65.37	745	50.33	2.16	0.30	3.90
40	8.2	2.45	1855	65	735	51	2.14	0.21	5.20

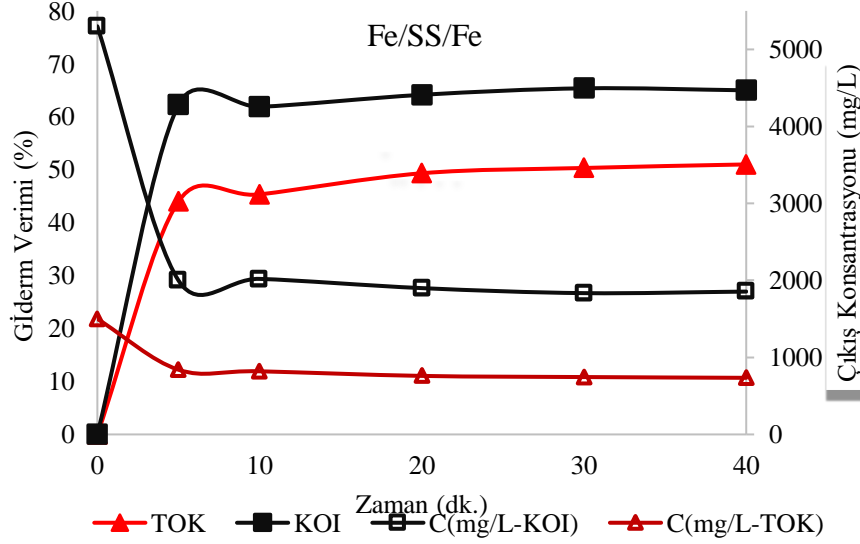
Ham atıksu ve Al/SS/Al elektrot bağlantı türlerinin kullanıldığı elektrokimyasal reaktör ile arıtım sonrası atıksuyun görselleri Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Ham atıksu ve Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı EK sonrası atıksu

Şekil 8’de Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin KOİ-TOK giderim verimlerinin, çıkış KOİ-TOK konsantrasyonlarının elektroliz süresi ile değişimi verilmiştir. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal processte KOİ giderim verimi %62.26-65 aralığında değişim gösterirken, TOK giderim verimi %44-51 aralığında değişim göstermiştir. Süt endüstrisi atıksularından yağ-gres ve KOİ’nin uzaklaştırılmasını belirlemek için yapılan deneysel çalışmada, 1 dakikalık akım süresi boyunca

pH 7 ve 6 A/m² akım yoğunluğunda demir elektrot bağlantılı bir EK yöntemi kullanılmıştır. Bu arıtım sonucunda ise yağ-gres ve KOİ'de %99 giderim verimi elde edilmiştir (Şengil ve özacar, 2006). Başka bir demir elektrot kullanıldığı çalışmada ise KOİ ve bulanıklık giderim verimi üzerine çalışılmıştır. Uygulanan potansiyel yoğunluğu 5.0 V ve 60 dakikalık reaksiyon süresi belirlenmiştir. Bu deney sonucunda KOİ ve bulanıklık giderimi sırasıyla %97 ve %99 oranında azalmıştır (Melchioris ve diğerleri, 2016).



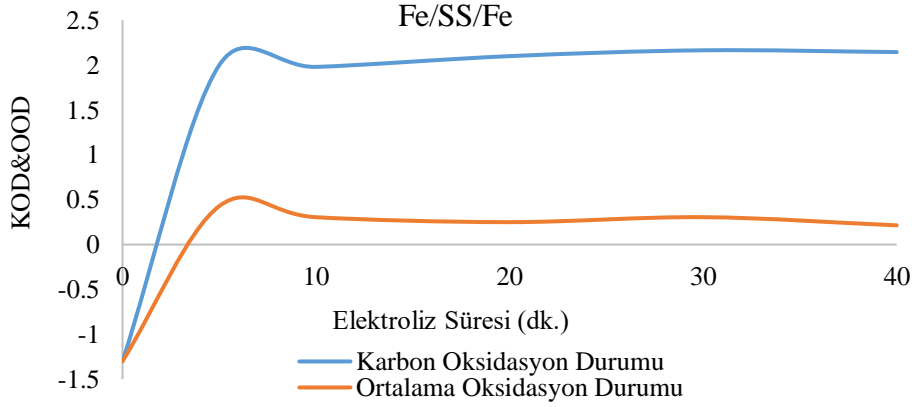
Şekil 8. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin KOİ-TOK Giderim Verimlerinin, çıkış KOİ-TOK konsantrasyonlarının elektroliz süresi ile değişimi

3.5. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörün Biyo-Bozunurluk potansiyelinin değerlendirilmesi

Şekil 9'de Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumlarının elektroliz süresi ile değişimi verilmiştir. Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumu bakımından sürenin artmasıyla bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Bu değerlerin artması etkin oksidasyon sürecinin işlediğini göstermektedir.

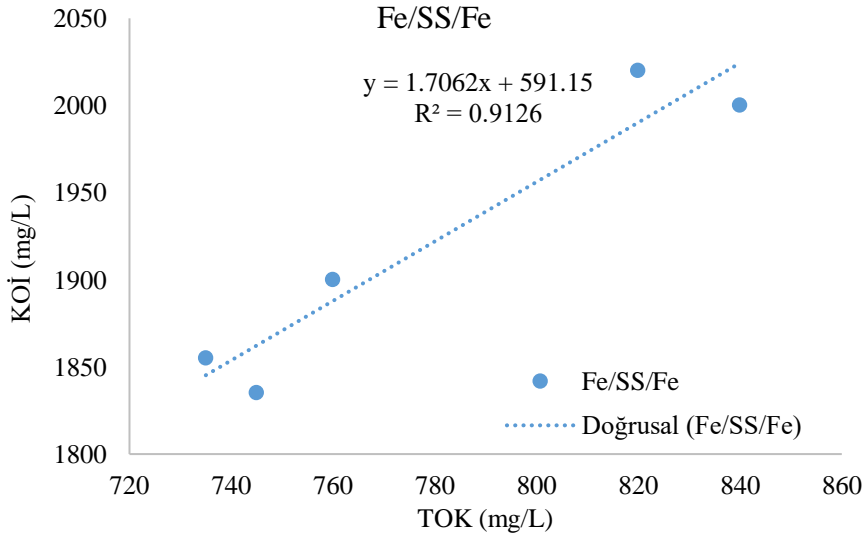
Ortalama oksidasyon durumu (OOD) ve karbon oksidasyon durumu (KOD) parametreleri elektrokimyasal prosesler sonrasında atıksuların biyolojik bozunabilirliğinin belirlenmesinde kullanılan iki önemli parametredir. OOD atıksuyun biyobozunurluğundaki değişikliklere neden olan varyasyonları belirlemek için kullanılırken, KOİ proses verimliliğinin göstergesi olarak kullanılır (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).

OOD, atıksuda kalan organik bileşiklerin genel bir ölçüsü olarak kullanılabilirken, KOD, atıksudan CO₂ formundaki karbonun elimine edilmesini temsil eder. Yüksek KOD değerleri, proses çıkışındaki organik bileşiklerin esas olarak organik asitlerden oluştuğunu ve OOD'deki artışın biyolojik bozunabilirliğin arttığını gösterdiğini gösterir (GilPavas ve Correa-Sánchez, 2019).



Şekil 9. Karbon/Ortalama oksidasyon değerlerinin zamanla değişimi

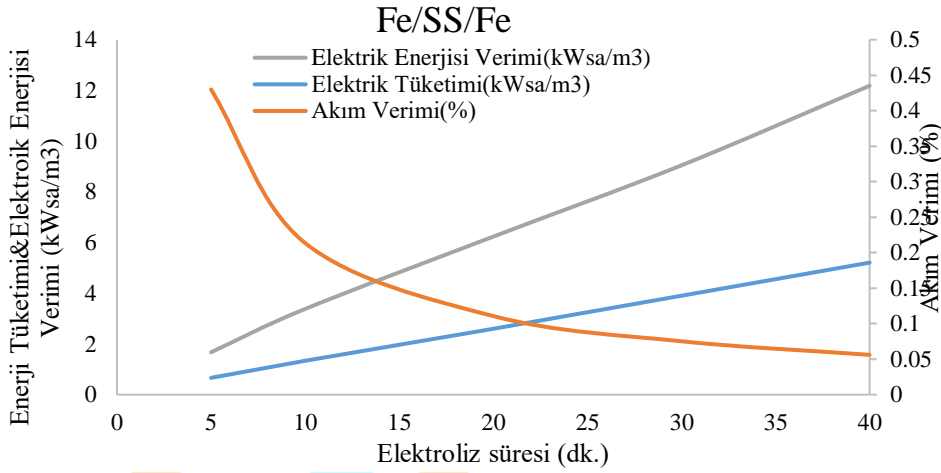
Şekil 9’de, Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal prosesin Karbon oksidasyon ve ortalama oksidasyon durumlarının elektroliz süresi ile değişimi prosesin belirli bir noktasında KOİ değerinin TOK değerine oranı, mevcut organik atıksu bileşenlerinin türü hakkında fikir vermektedir. Şekil 10’da Fe/SS/Fe elektrot türünün kullanıldığı elektrokimyasal reaktör için TOK/KOİ arasındaki ilişki verilmiştir. Buna göre, TOK/KOİ oranı 1.70 (Bu oran aşağıdaki denklemdeki x in önündeki katsayı) olarak belirlenmiştir. Yüksek KOİ/TOK oranı organik maddelerin etkin şekilde bozunduğunu ifade etmektedir (Kobya ve Delipinar, 2008).



Şekil 10. Dondurma üretimi atıksuyu için TOK/KOİ arasındaki ilişki

3.6. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı elektrokimyasal reaktörün enerji tüketimi, enerji ve akım verimliliği parametrelerinin değerlendirilmesi

Enerji tüketimi, atıksuyun elektrokimyasal arıtımı için en önemli konudur. Reaksiyon süresinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi elektrot bağlantı sisteminde belirlenmiştir. Enerji tüketimi elektroliz süresinin artmasıyla 0.66’den 5.2 kWsa/m³e, elektrik enerjisi verimi 1.67’den 12.18 kWsa/m³e artış gösterirken, akım verimi 0.42’den 0.056’ya azalmıştır (Şekil 11). Bu durum, atıksudaki biyo-bozunabilir bileşiklerin konsantrasyonunun azalması ve OH⁻’nin üretilen bileşikler verimli bir şekilde bozunamaması ile açıklanabilir (Kuleyin ve diğerleri, 2021).



Şekil 7. Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sistemi için Enerji tüketimi (E.T.), enerji verimliliği (E.V.) ve akım verimliliği (A.V.)

4.SONUÇLAR

Çalışmada dondurma üretim atıksularının Al ve Fe elektrotlarının kullanıldığı EK prosesi ile KOİ ve TOK giderim verimleri araştırılmıştır. Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı EK prosesinde ham atıksu pH değeri 4.52 iken deneysel çalışma sırasında (0-40 dk. aralığında) 5.8-6.21 aralığında, Fe/SS/Fe elektrot bağlantı türünde ise 5.8-8.2 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Fe elektrotlarının kullanıldığı sistemde reaksiyon süresi sonunda pH'nın 7'nin üzerine çıkması atıksu deşarj aralığı olan 6-9'a uyduğunu ve pH ayarlaması yapılmaksızın deşarj edilebileceğini göstermiştir. Bunun yanında Al/SS/Al elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı EK prosesi ve Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sisteminin kullanıldığı EK prosesinde yaklaşık olarak %5 daha etkin olurken, TOK giderim verimi açısından hemen aynı etkinliği göstermiştir. Dondurma atıksularının biyolojik bozunurluğunun belirlenmesi amacıyla OOD, KOD gibi parametreler incelenmiştir. Al için KOD -1.3'ten 2.4'e yükselirken, Fe için KOD -1.3'ten 2.14'e yükselmiştir. Yine Al için OOD -1.3'ten 0.58'e yükselirken, Fe için -1.3'ten 0.42'ye yükselmiştir. Aynı zamanda KOİ/TOK oranına bakıldığında Al ve Fe elektrot türü için sırasıyla 1.87 ve 1.70 olarak belirlenmiştir. Yüksek KOİ/TOK oranı organik maddelerin etkin şekilde bozunduğunu ifade etmektedir. KOD, OOD ve KOİ/TOK oranına bakıldığında Al/SS/Al elektrot bağlantı türünün, Fe/SS/Fe elektrot bağlantı türünün kullanıldığı EK prosesine göre biyolojik bozunma etkinliğinin daha yüksek olduğunu ispatlamaktadır.

Deney sırasında maksimum enerji tüketimi Al/SS/Al ve Fe/SS/Fe elektrot bağlantı sistemi için sırasıyla, 6.14 kWsa/m³ ve 5.20 kWsa/m³ olarak hesaplanmıştır. Bu da Al elektrot bağlantılı EK prosesinin enerji tüketiminin yaklaşık %18 daha fazla olduğunu göstermektedir. Her iki elektrot bağlantı türü için enerji tüketimi ve elektrik enerjisi verimi elektroliz süresinin artmasıyla artarken, akım verimi atıksudaki biyo-bozunabilir bileşiklerin konsantrasyonunun azalması nedeniyle azalmıştır.

Al/SS/Al ve Fe/SS/Fe elektrot bağlantı türünün kullanıldığı EK prosesinin dondurma üretim atıksularının ön arıtımında alternatif bir proses olarak kullanılabilirliği, verim açısından %5'lik bir farkla Al elektrot türünün, enerji tüketimi açısından % 18'lik fark ile Fe elektrot türünün tercih edilebileceği düşünülmektedir.

5.KAYNAKLAR

- APHA. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- Arnell, N. W. (2004). Climate change and global water resources : SRES emissions and socio-economic scenarios, *14*, 31–52. doi:10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006
- Balfaqih, H. (2016). A conceptual Framework for Supply Chain Performance in Desalination Industry, *7*(2), 95–101.
- Das, P. P., Sharma, M. ve Purkait, M. K. (2022). Recent progress on electrocoagulation process for wastewater treatment: A review. *Separation and Purification Technology*, *292*(March), 121058. doi:10.1016/j.seppur.2022.121058
- Emre ÖZTÜRK, Hülya YAMAN (2019). Dondurmanın Tarihsel Gelişimi ile Kültürlerarası Düzeyde Karşılaştırması.
- Garcia-Segura, S., Eiband, M. M. S. G., de Melo, J. V. ve Martínez-Huitle, C. A. (2017). Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, *801*(November 2016), 267–299. doi:10.1016/j.jelechem.2017.07.047
- GilPavas, E. ve Correa-Sánchez, S. (2019). Optimization of the heterogeneous electro-Fenton process assisted by scrap zero-valent iron for treating textile wastewater: Assessment of toxicity and biodegradability. *Journal of Water Process Engineering*, *32*(August), 100924. doi:10.1016/j.jwpe.2019.100924
- Kobyay, M. ve Delipinar, S. (2008). Treatment of the baker's yeast wastewater by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, *154*(1–3), 1133–1140. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.11.019
- Kuleyin, A., Gök, A. ve Akbal, F. (2021). Treatment of textile industry wastewater by electro-Fenton process using graphite electrodes in batch and continuous mode. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(1). doi:10.1016/j.jece.2020.104782
- Melchioris, M. S., Piovesan, M., Becegato, V. R., Becegato, V. A., Tambourgi, E. B. ve Paulino, A. T. (2016). Treatment of wastewater from the dairy industry using electro flocculation and solid whey recovery. *Journal of Environmental Management*, *182*, 574–580. doi:10.1016/j.jenvman.2016.08.022
- Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R. ve Cocke, D. L. (2001). Electrocoagulation (EC) — science and applications, *84*, 29–41.
- Öktem, A. U. (2014). Türkiye'nin su riskleri raporu.
- Şengil, I. A. ve özacar, M. (2006). Treatment of dairy wastewaters by electrocoagulation using mild steel electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, *137*(2), 1197–1205. doi:10.1016/j.jhazmat.2006.04.009
- Solak, M. (2013). Elektrokoagülasyon prosesleri ile atıksulardan fosfat giderimi ve prosesin optimizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
- Tchamango, S., Nansu-Njiki, C. P., Ngameni, E., Hadjiev, D. ve Darchen, A. (2010). Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. *Science of the Total Environment*, *408*(4), 947–952. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.10.026
- Uğurlu, M. (2004). Removal of some inorganic compounds from paper mill effluents by the electrocoagulation method. *Fresenius Environmental Bulletin*, *14*(4), 315–321.



On Integer Sequence A001612

Adnan KARATAŞ¹

Abstract

The Handbook of Integer Sequences, first released in 1973 and updated in 1995, encompasses an extensive collection of sequences along with detailed information about each. Nowadays, the encyclopedia has been digitized and renamed as OEIS (the online encyclopedia of integer sequences). This study delves into the examination of an integer sequence identified as A001612, which can be named as shifted Lucas numbers. These numbers exhibit notable similarities with Fibonacci numbers, Lucas numbers and shifted Fibonacci numbers, the latter being cataloged under A001611. The literature already contains foundational identities and equations for shifted Lucas numbers, including the well-known Binet formula and generating function. These fundamental and essential equations serve as indispensable tools for extracting needed elements from the integer sequence. In our paper, we present additional identities for the shifted Lucas numbers, one of them is the Honsberger identity, which perfectly illustrates the interrelationships between the Lucas and the shifted Lucas numbers. The link between these two sequences comes from their characteristic equations, which involve the golden and silver ratios. The mentioned golden and silver ratios are the same famous ratios linked to the Fibonacci sequence. Additionally, we present identities involving the addition and subtraction of two consecutive elements of the shifted Lucas numbers.

Keywords: Shifted Lucas numbers, recurrence relations, Honsberger identity

¹ Ph.D. Research Assistant, Pamukkale University, Department of Mathematics, e-mail: adnank@pau.edu.tr Orcid: 0000-0003-3652-5354

Introduction

Fibonacci sequence has its roots from the book Liber Abaci, which was written to show the supremacy of the indo-arabic numeration system. Also, the book includes some problems and other algebraic information. One of the problems in the book is rabbit problem which gives the Fibonacci sequence (Koshy 2019). It is well-known that Fibonacci numbers and its golden and silver roots are widely observed in the nature, thus widely used in the industry.

The recurrence relation of the Fibonacci numbers and its initial values are

$$f_{n+2} = f_{n+1} + f_n$$

where $f_0 = 0$ and $f_1 = 1$.

Another important sequence is the Lucas sequence, which shares roots with the Fibonacci sequence. The recurrence relation and initial values for the Lucas sequence are given as

$$s_{n+2} = s_{n+1} + s_n$$

where $s_0 = 2$ and $s_1 = 1$.

In the literature, integer sequences are heavily investigated even today this trend continues. As the main focus of this research, we study the recurrence relation

$$sl_{n+2} = sl_{n+1} + sl_n - 1$$

where $sl_0 = 3$ and $sl_1 = 2$. This sequence is named as A001612. The handbook of integer sequence Sloane (1973) and its predecessor, the encyclopedia of integer sequences Sloane and Plouffe (1995), gives the recurrence relation and initial values for the sequence A001612. In the literature, the papers Fates et al. (2018), Griffiths (2015), Herschend and Jorgensen (2021), Soykan (2021) mentioned the sequence. Specifically, in Soykan (2021), some identities are given.

The author named the sequence A001612 as Leonardo-Lucas sequence, but we use shifted Lucas numbers as a name for the sequence because of the definition of the A001612 is similar to shifted Fibonacci sequence.

The recurrence relation of the shifted Fibonacci numbers and its initial values are given as

$$s_{n+2} = s_{n+1} + s_n - 1$$

where $s_0 = 1$ and $s_1 = 2$.

It can be observed that, the definitions of shifted Fibonacci numbers and Fibonacci numbers are very similar to the definitions of the shifted Lucas numbers and Lucas numbers. This is the main reason for our selection of the notation. For more information about shifted Fibonacci numbers, like Binet formula, generating function, Cassini identity, Catalan identity and many others, see (Karataş 2023).

In the paper, Soykan (2021), the author gave some fundamental properties for the shifted Lucas numbers, which we restate some of them.

In the following section, we give necessary identities for the shifted Lucas numbers and give additional identities for them. In the conclusion, we summarize the study and give ideas for future research.

Shifted Lucas Numbers

As we mentioned earlier, the recurrence relation and initial values for the shifted Lucas numbers are

$$sl_{n+2} = sl_{n+1} + sl_n - 1$$

where $sl_0 = 3$ and $sl_1 = 2$. Some of the elements of the sequence sl_n are given in the following table with Lucas numbers l_n .

Shifted Lucas Numbers

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
l_n	2	1	3	4	7	11	18	29	47	76	123	...
sl_n	3	2	4	5	8	12	19	30	48	77	124	...

Employing the definition, the recurrence for the shifted Lucas numbers can be given as

$$sl_{n+1} = 2sl_n - sl_{n-2}$$

where $n \geq 2$.

The Binet formula, a well-known identity frequently studied, is presented in (Soykan 2021). This formula is employed to calculate specific elements of the sequence.

Theorem 1. For $n \geq 0$, $sl_n = \alpha^n + \beta^n + 1$ where $\alpha = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ and $\beta = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$.

Another mostly studied formula for the sequences is generating function. We restate generating function for the shifted Lucas numbers from (Soykan 2021).

Theorem 2. Generating function for the shifted Lucas numbers is

$$\sum_{n=0}^{\infty} sl_n x^n = \frac{3 - 4x}{1 - 2x + x^3}$$

In the next theorems, we give our main result using Binet formula and conclude the paper. In the last section, we summarize the manuscript and give future directions.

The Honsberger identity is commonly studied for the sequences. In the following theorem, we give the identity for the shifted Lucas numbers.

Theorem 3. For $k, n \geq 1$, the Honsberger identity is as follows

$$sl_{k-1}sl_n + sl_ksl_{n+1} = l_{n+k+1} + l_{n+k-1} + sl_{k+1} + sl_{n+2}$$

where l_n and sl_n are n th Lucas and n th shifted Lucas numbers, respectively.

Proof. To prove the theorem, we use the Binet of the shifted Lucas numbers [binet].

$$\begin{aligned} sl_{k-1}sl_n + sl_ksl_{n+1} \\ = (\alpha^{k-1} + \beta^{k-1} + 1)(\alpha^n + \beta^n + 1) + (\alpha^k + \beta^k + 1)(\alpha^{n+1} + \beta^{n+1} + 1) \end{aligned}$$

After employing the exact values of golden and silver ratios, we get the following

$$LHS = l_{n+k+1} + l_{n+k-1} + l_{k+1} + l_{n+2} + 2$$

which ends the proof. \square

Note that, in the identities Lucas and shifted Lucas numbers are appearing which is direct result of the definition of shifted Lucas numbers. In the following theorems we present intertwinement of the two.

In the following theorem, we give summation of two consecutive squared shifted Lucas numbers.

Theorem 4. For $n \geq 1$, the following equation holds true

$$sl_n^2 + sl_{n-1}^2 = sl_{2n-2} + sl_{2n} + 2l_{n+1}.$$

Proof. In order to prove the equation above, we employ the Binet formula.

$$sl_n^2 + sl_{n-1}^2 = (\alpha^n + \beta^n + 1)^2 + (\alpha^{n-1} + \beta^{n-1} + 1)^2$$

using $\alpha = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ and $\beta = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$.

$$sl_n^2 + sl_{n-1}^2 = l_{2n-2} + l_{2n} + 2l_{n+1} + 2$$

which ends the proof. \square

In the Theorem 6 and Theorem 5, we calculate results and get only Lucas numbers. These two theorems give a look to the nature of the Lucas and shifted Lucas numbers.

Theorem 5. For $n \geq 0$, the following equation holds true

$$sl_n sl_{n+3} - sl_{n+1} sl_{n+2} = (-1)^n 5 + l_n.$$

Proof. Firstly, in the equation above, we use the Binet formula and get the following form

$$\begin{aligned} sl_n sl_{n+3} - sl_{n+1} sl_{n+2} &= (\alpha^n + \beta^n + 1)(\alpha^{n+3} + \beta^{n+3} + 1) \\ &\quad - (\alpha^{n+1} + \beta^{n+1} + 1)(\alpha^{n+2} + \beta^{n+2} + 1) \end{aligned}$$

Secondly, arranging the equation gives us the following form

$$sl_n sl_{n+3} - sl_{n+1} sl_{n+2} = (-1)^n 5 + (\alpha^n + \beta^n + 1)$$

Finally, using n th terms Binet formula we get the desired result

$$sl_n sl_{n+3} - sl_{n+1} sl_{n+2} = (-1)^n 5 + l_n.$$

\square

In the last theorem of the paper, we use the definition of the shifted Lucas numbers for the proof.

Theorem 6. For $n \geq 1$, the following equation holds true

$$sl_n^2 - sl_{n-1}^2 = l_{n+1} l_{n-2} + 2l_{n-2}.$$

Proof. In the equation above, we can use both the definition of the shifted Lucas numbers or the Binet formula for the sequence. We employ the first one and get the following result.

$$sl_n^2 - sl_{n-1}^2 = (l_n + 1)^2 + (l_{n-1} + 1)^2,$$
$$sl_n^2 - sl_{n-1}^2 = (l_n - l_{n-1})(l_n + l_{n-1} + 2)$$

which gives the following equation

$$sl_n^2 - sl_{n-1}^2 = l_{n+1}l_{n-2} + 2l_{n-2}.$$

Conclusion

In this study, we present additional identities for the integer sequence A001612 which we call as shifted Lucas numbers. Similar to the shifted Fibonacci numbers, shifted Lucas numbers share common definition. For the future studies, different identities for the sequence can be calculated.





References

- Fatès, N., Sethi, B., & Das, S. (2018). On the reversibility of ECAs with fully asynchronous updating: the recurrence point of view. *Reversibility and Universality: Essays Presented to Kenichi Morita on the Occasion of his 70th Birthday*, 313-332.
- Griffiths, M. (2015). On a Matrix Arising from a Family of Iterated Self-Compositions. *J. Integer Seq.*, 18(11), 15-11.
- Herschend, M., & Jørgensen, P. (2021). Classification of higher wide subcategories for higher Auslander algebras of type A. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 225(5), 106583.
- Karataş, A. (2023). Shifted Fibonacci numbers. (In press)
- Koshy, T. (2019). *Fibonacci and Lucas numbers with applications*, Volume 1. John Wiley & Sons.
- Sloane, N. J. A. (1973). *A handbook of integer sequences*. Academic Press.
- Sloane, N. J. A., and Plouffe, S. (1995). *The encyclopedia of integer sequences*. Academic press.
- Soykan, Y. (2021). Generalized Leonardo numbers. *Journal of Progressive Research in Mathematics*, 18(4), 58-84.

ICOMNAS

Investigation on the Small-Scale ORC Turbine Design

Alperen Bugra COLAK¹

Oguz ARSLAN²

Abstract

The turbine is the most important component in an ORC system that affects the efficiency of the system. The small scale turbines could be useful to evaluate the waste energy from the small scale energy systems. Although there are many studies in the literature on radial and axial type turbine type expanders and positive displacement expanders, the number of studies on regenerative flow turbomachines is quite limited. In this study, a three dimensional model of a regenerative flow turbine taken as a reference was created and steady state CFD analysis were performed on ANSYS / Fluent. Air has been used as the working fluid to verify the analyses. The results obtained using air was compared with the results in the reference study using statistical metrics. The performance of the turbine was evaluated with the organic fluid R601 (n-pentane) using the k-w SST turbulence models, which gave the closest results to the results in the reference study. As a result of the CFD study, the highest efficiency value of 19.37% and the highest power value of 2.54 kW were obtained for the analyzes between the turbine inlet temperatures between 475 K and 500 K and the mass flow rate between 0.25 and 1.00 kg/s.

Keywords: Numerical analysis, Micro-scale regenerative turbine, Organic Rankine Cycle, R601.

¹ Lecturer, Bilecik Seyh Edebali University, Vocational School, bugra.colak@bilecik.edu.tr, Orcid: 0000-0002-0691-6533

² Prof. Dr., Bilecik Seyh Edebali University, Mechanical Engineering Department, oguz.arslan@bilecik.edu.tr, Orcid: 0000-0001-8233-831X

INTRODUCTION

Since the efficient use of the energy sources is one of the most important problems all over the world, the utilization of the low-grade energy sources such as waste heat and geothermal energy came into prominence for the last decade. Organic Rankine Cycle (ORC) is the most common way to evaluate this kind of energy sources. Depending on the complex structure, the turbine (or expander) is the most critical component to be improved in an ORC (Arslan et al., 2012; Boukelia et al., 2023).

The turbines mentioned above have complex structures and expensive costs for the small-scale applications such as residential use and vehicle applications. In this regard, the regenerative flow turbines (RFTs) are the alternative solutions with their simple structures and lower costs (Moradi et al., 2020). However, there are limited studies about RFTs in the literature. Moradi et al. conducted a computational fluid dynamics study on a regenerative flow turbine suitable for the operating conditions of low-temperature, small-scale organic rankine cycle plants (Moradi, et al., 2019a). In their studies, they used air with a mass flow rate of 0.1-0.3 kg/s as the working fluid, and the rotation speed of the turbine they used was in the range of 1500, 3000 and 6000 rpm. With the regenerative flow turbine they analyzed, they achieved 32% isentropic efficiency at low mass flow rates and high speeds. In another study, Moradi et al. used R245fa as the working fluid in their computer-aided analysis study with the same turbine geometry and stated that they obtained power between 100-600W (Moradi et al., 2020). The highest isentropic efficiency value they obtained in the analyzes using R245fa was 44%, and in another study they stated that they obtained 45% isentropic efficiency for the same regenerative flow turbine (Moradi, et al., 2019b). Bartolini and Salvi have shown in their study that some of the energy lost during gas decompression can be recovered by using a regenerative flow turbine instead of the throttling valve used to reduce the natural gas pressure in natural gas distribution facilities. As a result of their experimental study, they stated that the isentropic efficiency of the turbine is between 29% and 45% (Bartolini and Salvi., 1996).

In this study, a three-dimensional model of a reference regenerative flow turbine was created and steady-state CFD analyzes were performed on ANSYS / Fluent. Although there are many studies in the literature on radial and axial type turbine type expanders and positive displacement expanders, the number of studies on regenerative flow turbomachines is quite limited. To verify the analyses, the results obtained from the analyzes in which air was used as the working fluid were taken as reference. These results were compared with the results in the study using statistical methods, and the performance of the turbine with organic fluid R601 (n-pentane) was evaluated using $k-\omega$ SST turbulence model, which gave the closest results to the results in the reference.

MATERIAL and METHOD

The Organic Rankine Cycle System basically works as the Rankine Cycle. However, the ORC system is an energy production system in which fluids such as hydrocarbons or refrigerants that can boil at lower temperatures and pressures than water are used instead of steam (Moradi et al., 2020; Rahbar et al., 2017). ORC systems are a widely used technology for thermal energy conversion and waste heat recovery, and the smaller capacity Micro-ORC systems of this system are used up to 100 kWe power values (Zywica et al., 2016; Weiß et al. 2019).

Turbines are machines that convert compressible fluids under pressure into energy, and these machines are among the heat engines. Considering the operating conditions, there are two types of expanders: positive displacement and dynamic machines (Zywica et al., 2016). These

expander machines can also be divided into some subgroups; Expanders are classified as turbine type machines (radial and axial type turbines), positive displacement machines (scroll type, screw type, rotary vane type, piston type) and ejector type expanders (Hu et al., 2021). Although turbine type machines are generally used for high power applications and positive displacement machines are generally used for low power applications, turbine type expanders have also been used in recent research on low power ORC systems (Sun et al., 2018).

In the internal structure of the turbine geometry used in this study, Bartolini et al. and Moradi et al the turbine geometry used in the studies conducted by was taken as reference (Moradi, et al., 2019a; Moradi, et al., 2019b; Moradi et al., 2020; Bartolini and Salvi., 1996). The geometry of the points where the fluid enters and exits the turbine is different from the model in the reference study. The generated geometry is shown in Figure 1.

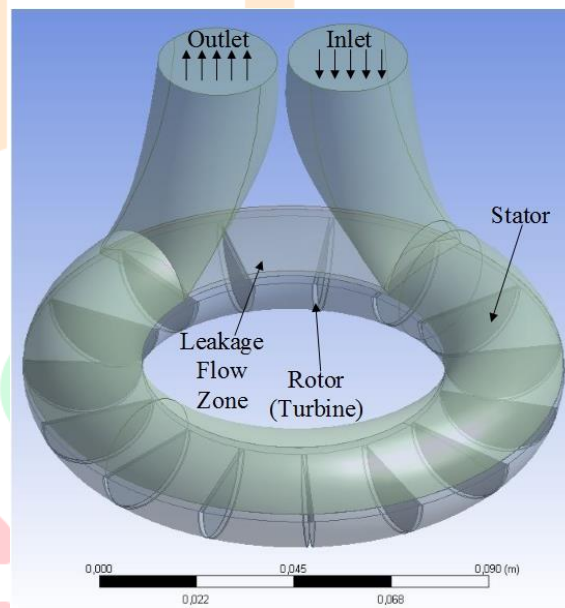


Figure 1. Turbine Geometry and Rotor, Stator, Leakage Flow Sections

The environmental effects of the fluid used in the ORC system are determined according to ODP (ozone depletion potential), GWP (global warming potential) and ALT (atmospheric lifetime) values (Saleh et al., 2007).

In the CFD study on the regenerative flow turbine, n-pentane was chosen as the working fluid because it has suitable thermodynamic properties, has no ozone layer depletion potential, and its global warming potential value is quite low (Qiu and Entchev, 2022). GWP values in organic fluids such as R245fa and R236fa are considerably higher than n-pentane. Thermodynamic properties of n-pentane are given in Table 1 (Qiu and Entchev, 2022).

Table 1. *n*-pentane thermodynamic properties

Parameters	Value	Unit
Molecular Weight	72	g/mol
Critical Pressure	3.36	MPa
Critical Temperature	196	°C
Boiling Point (1 bar)	25.5	°C
Vaporization Heat (1 bar)	358.1	kJ/kg
GWP	4	-
ODP	0	-

CFD Analysis

Governing Equations

Mathematical modeling is used to represent the physical conditions within each cell, with the following conservation equations for mass, momentum and energy (ANSYS Fluent Theory Guide, Release 21.0)

Continuity equation is given below:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

Momentum equation is given below:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \vec{V} \cdot (\nabla \cdot \vec{V}) \right) = -\nabla P + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (2)$$

Energy equation is given below:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \cdot (p \vec{V} h) = \nabla \cdot (k \nabla T) \quad (3)$$

Mesh Structure

CFD analysis were performed on ANSYS / Fluent. In order to carry out the analyses, a mesh structure was first created with tetrahedral elements. In order for the computer analysis to converge faster, the tetrahedral mesh structure was transformed into a polyhedral mesh structure. The number of tetrahedral meshes used in the created geometry and the mesh numbers after converting the tetrahedral structure into a polyhedral structure are given in Table 2.

Table 2. Mesh Structure

Grid Information	Tetrahedral Grid Count	Polyhedral Grid Count
Nodes	2992665	17502250
Faces	33204282	20651573
Cells	16362389	3074655

Validation

The accuracy of the values obtained as a result of the analysis of the created turbine model was compared with the values in the study of Moradi et al. (Moradi et al., 2019a). Analyzes were made at 3000 rpm turbine speed and the results obtained were tested with different turbulence

models and compared with the results in the reference study. The fluid used in the analysis for verification is air and enters the turbine at a temperature of 295 K. The boundary condition for the entry point is mass flow, and the same mass flow values as in the reference study were used. The pressure outlet boundary condition was used at the outlet point and this value was 300 kPa in all analyses. Figure 2 shows the result of the analysis for and 3000 rpm speed.

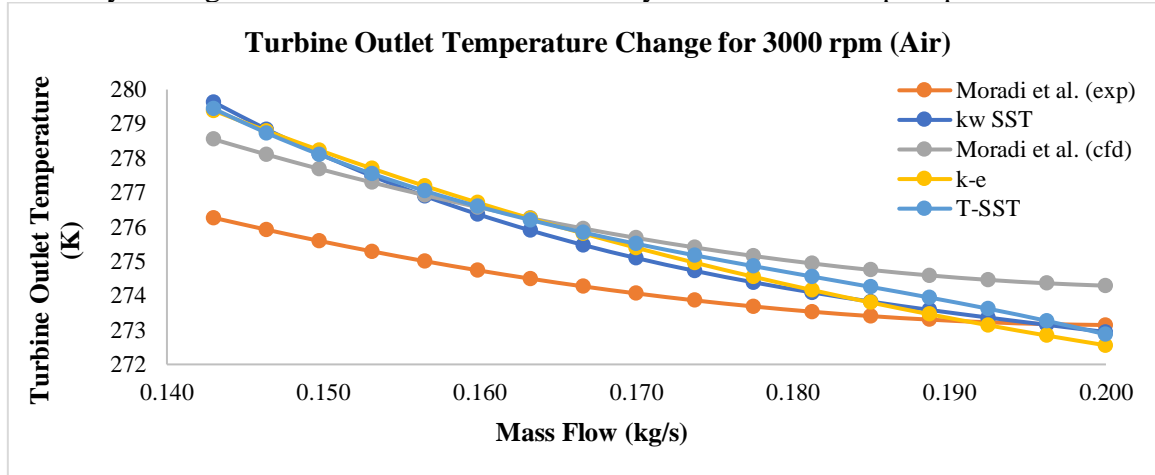


Figure 2. Turbine Outlet Temperature Change for 3000 rpm (Air)

In order to determine which of the turbulence models used is more compatible with the experimental results in the reference study, the compatibility of the analysis results with the experimental results (Moradi et al., 2019a) was compared with the help of statistical metrics such as R^2 (coefficient of determination), MAPE (mean absolute percentage error) and CoV (coefficient of variation). These values are given in Table 3.

Table 3. Statistical Metrics for Different Turbulence Models

	Turbulence Model		
	k-w SST	k-e	T-SST
R^2	0,998	0,984	0,984
MAPE	0,457	0,513	0,538
CoV	0,006	0,006	0,006

As a result of statistical analysis, it was seen that the best turbulence model for 3000 rpm was the k-w SST turbulence model. The turbulence model proposed in the reference study is the k-w SST turbulence model.

RESULTS AND DISCUSSION

Boundary conditions are total temperature, mass flow rate, and flow direction at the turbine inlet, and static pressure and backflow total temperature at the outlet. In addition, for the boundary condition on the turbine walls, a moving wall boundary condition is defined, which depends on the adjacent cell region (rotor). The mass flow rate defined as the boundary condition at the turbine inlet is in the range of 0.25-1.0 kg/s. Turbine inlet temperature was

examined at 475 and 500 K, and turbine outlet pressure was examined as 0.9 MPa. n-pentane was used as the working fluid.

The performance of the regenerative flow turbine was obtained with the RANS (Reynolds Average Navier Stokes) approach using the three-dimensional steady-state CFD model and the k-w SST turbulence model in ANSYS/Fluent 20.2.

The turbine consists of three different sections: rotor, stator and leakage flow zone. Fluid transfer between these sections is achieved by creating interfaces between different sections. The validation study was carried out at turbine speed of 3000 rpm. The closest results to the analyzes in the reference study were obtained with the k-w SST turbulence model. In the study, changing turbine output power for different mass flow rate and inlet temperature values for 3000 rpm turbine rotation speed is given in Figure 3. The change in turbine efficiency for the same variables is given in Figure 4.

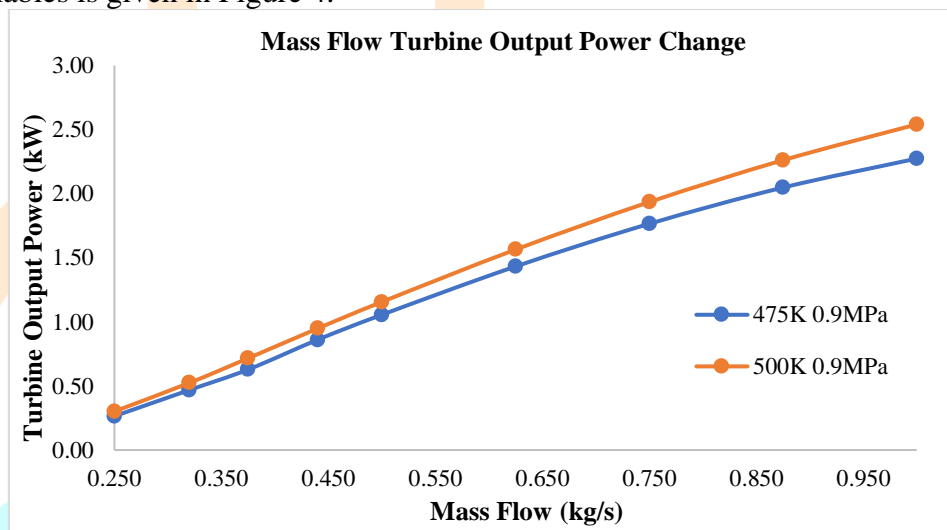


Figure 3. Mass Flow Turbine Output Power Change

Figure 3 shows the change in mass flow rate and power values from the turbine at 3000 rpm rotation speeds for different inlet temperatures and 0.9 MPa turbine outlet pressure boundary condition and 0.25-1 kg/s mass flow range. 0.26 kW power was obtained at 475 K inlet temperature and 0.9 MPa turbine outlet pressure, 3000 rpm turbine rotation speed, and 0.25 kg/s mass flow rate. When the mass flow rate is increased to 1 kg/s, provided that other boundary conditions remain the same, the power value obtained is 2.27 kW. For 500K turbine inlet temperature, the power values obtained from the analyzes are 0.3 kW at 0.25 kg/s and 2.54 kW at 1.00 kg/s.

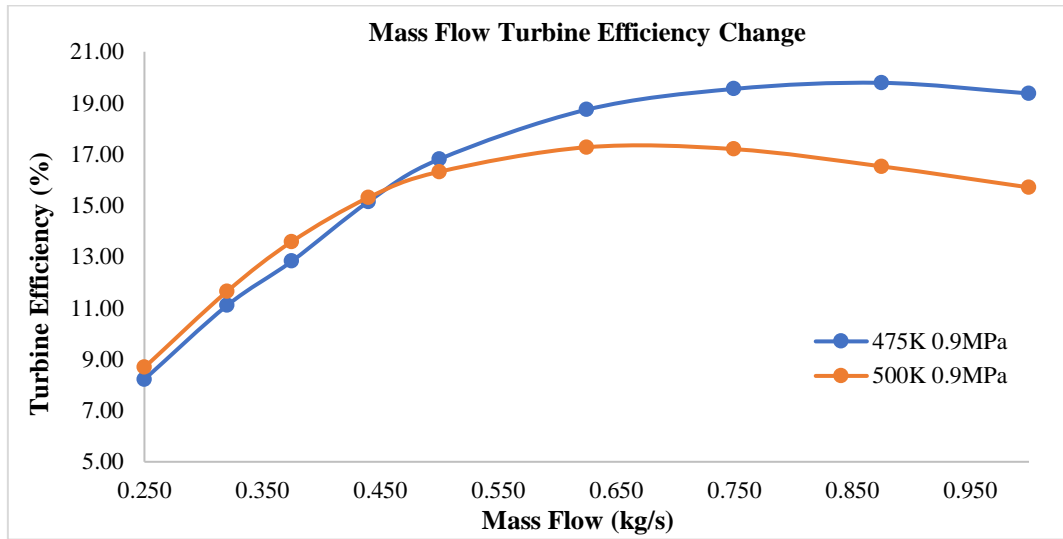


Figure 4. Mass Flow Turbine Efficiency Change

Figure 4 shows the change in mass flow rate and turbine efficiency at a rotation speed of 3000 rpm for a turbine outlet pressure value of 0.9 MPa. Efficiency values ranging from 8.22% to 19.37% were obtained for inlet temperatures of 475-500 K in the mass flow rate range of 0.25-1.0 kg/s. A decrease in turbine efficiency was observed with increasing the turbine inlet temperature for mass flow rate values higher than 0.44 kg/s at a turbine rotation speed of 3000 rpm.

CONCLUSION

In this study, the operating performance of a regenerative flow turbine with n-pentane working fluid was evaluated for 3000 rpm speed at 475 - 500 K temperature and 0.25-1.00 kg/s mass flow rate. The results of the analyzes can be summarized as follows;

When the turbine outlet pressure was kept constant for the specified operating ranges, the amount of power produced by the turbine increased almost linearly with the increase in mass flow rate.

For the same inlet temperature and turbine outlet pressure conditions, for a mass flow rate varying between 0.25-1 kg/s at a turbine rotation speed of 3000 rpm, the turbine efficiency tended to decrease after reaching the optimum point with the increase in mass flow rate.

REFERENCES

ANSYS Fluent Theory Guide, Release 21.0.

Arslan, O., Ozgur, M. A., & Kose, R. (2012). Electricity generation ability of the Simav geothermal field: A technoeconomic approach. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 34(12), 1130-1144.

Bartolini, C. M., & Salvi, D. (1996). *Experimental analysis of a small prototype of peripheral turbine for decompression of natural gas* (Vol. 78743, p. V003T07A015). American Society of Mechanical Engineers.

Boukelia, T. E., Arslan, O., Djimli, S., & Kabar, Y. (2023). ORC fluids selection for a bottoming binary geothermal power plant integrated with a CSP plant. *Energy*, 265, 126186.

Colak, A.B. (2023). *Turbine design for organic Rankine cycle*. Graduate education Institute, Bilecik Seyh Edebali University. (Unpublished Doctoral Thesis).

Hu, S., Yang, Z., Li, J., & Duan, Y. (2021). A review of multi-objective optimization in Organic Rankine Cycle (ORC) system design. *Energies*, 14(20), 6492.

Moradi, R., Cioccolanti, L., Bocci, E., Villarini, M., & Renzi, M. (2019a). Numerical investigation on the performance of a regenerative flow turbine for small-scale Organic Rankine Cycle systems. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 141(9), 091014.

Moradi, R., Habib, E., Bocci, E., & Cioccolanti, L. (2020). Investigation on the use of a novel regenerative flow turbine in a micro-scale Organic Rankine Cycle unit. *Energy*, 210, 118519.

Moradi, R., Luca, C., Habib, E., & Bocci, E. (2019b). Performance of a small-scale organic rankine cycle system using a regenerative flow turbine: a simulation analysis. In *Proceedings of the 5th International Seminar on ORC Power Systems*. The National Technical University of Athens (NTUA).

Qiu, K., & Entchev, E. (2022). A micro-CHP system with organic Rankine cycle using R1223zd (E) and n-Pentane as working fluids. *Energy*, 239, 121826.

Rahbar, K., Mahmoud, S., Al-Dadah, R. K., Moazami, N., & Mirhadizadeh, S. A. (2017). Review of organic Rankine cycle for small-scale applications. *Energy conversion and management*, 134, 135-155.

Saleh, B., Koglbauer, G., Wendland, M., & Fischer, J. (2007). Working fluids for low-temperature organic Rankine cycles. *Energy*, 32(7), 1210-1221.

Sun, H., Qin, J., Yan, P., Huang, H., & Hung, T. C. (2018). Performance evaluation of a partially admitted axial turbine using R245fa, R123 and their mixtures as working fluid for small-scale organic Rankine cycle. *Energy Conversion and Management*, 171, 925-935.

Weiß, A. P., Popp, T., Zinn, G., Preißinger, M., & Brüggemann, D. (2019). A micro-turbine-generator-construction-kit (MTG-c-kit) for small-scale waste heat recovery ORC-Plants. *Energy*, 181, 51-55.

Zywica, G., Kaczmarczyk, T. Z., & Ihnatowicz, E. (2016). A review of expanders for power generation in small-scale organic Rankine cycle systems: Performance and operational aspects. *Proceedings of the institution of mechanical engineers, part A: journal of power and energy*, 230(7), 669-684.

Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü'nün Bölgesel Trafik Ve Emlâk Değerleri Üzerine Etkisi

*Burak BUĞAN¹
Mustafa GÜRSOY²*

Özet

Büyük ölçekli kamu yatırımları, buldukları bölgeye, yalnızca inşaat aşamasında değil, inşaatın yapımına karar verildiği andan itibaren belirgin etkiler yaratırlar. Bu tür kamu yatırımları genel ve yerel yönetimlerin uzun planlamalar sonucu karar verdikleri, inşaatları uzun yıllar süren yatırımlardır. Büyük ölçekli kamu yatırımları, uzun süren inşaat süreci sebebiyle bu zaman diliminde bölgedeki insanların yaşantısını olumsuz etkilese de sonrasında bulunduğu bölgeye katma değer sağlayan yatırımlardır. Türkiye'de "Şehir Hastaneleri" genel adıyla yapılan kamu yatırımları, son 10 yılda kamu yatırımlarında büyük pay sahibi olmuştur. Bu çalışmada, bu kapsamda hizmete alınan Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü'nün bölgeye olan trafik ve emlak etkileri, tesis hizmete alınmadan önceki ve sonraki veriler ile ölçülmüş ve bu etkilerin sürdürülebilirliği değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, hastanenin bölgede trafik yoğunluğunda belirgin bir artışa ve emlak değerlerinde yükselmeye neden olduğu görülmüştür. Amerikan Doları baz alınarak toplanan veriler ile, son 4 yılda, tesisin yapıldığı çevre mahallelerdeki emlak fiyatları, tesisi de sınırları içerisinde bulunduran merkez ilçesi İzmit'in fiyat değişim oranlarıyla karşılaştırıldığında, yaklaşık %20 daha fazla artış göstermiştir.

Mevcut durumda trafik yoğunluğundaki değişimin kullanıcılara olumsuz etkilerini azaltmak adına, hastaneye raylı ulaşımı mümkün kılacak olan ve hali hazırda gecikmiş olan tramvay hattının inşasının hızlandırılması önerilmektedir. Bölge kullanıcılarıyla yapılan görüşmeler sonucunda hastanenin ana giriş bölgesindeki kavşakta iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Dolayısı ile hastaneye yaya olarak ulaşmanın kolaylaştırılması için kamu otoritesinin bu konuda gerekli düzenlemeleri yapması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kocaeli, Şehir Hastaneleri, Trafik Yoğunluğu, Emlâk Değerleri

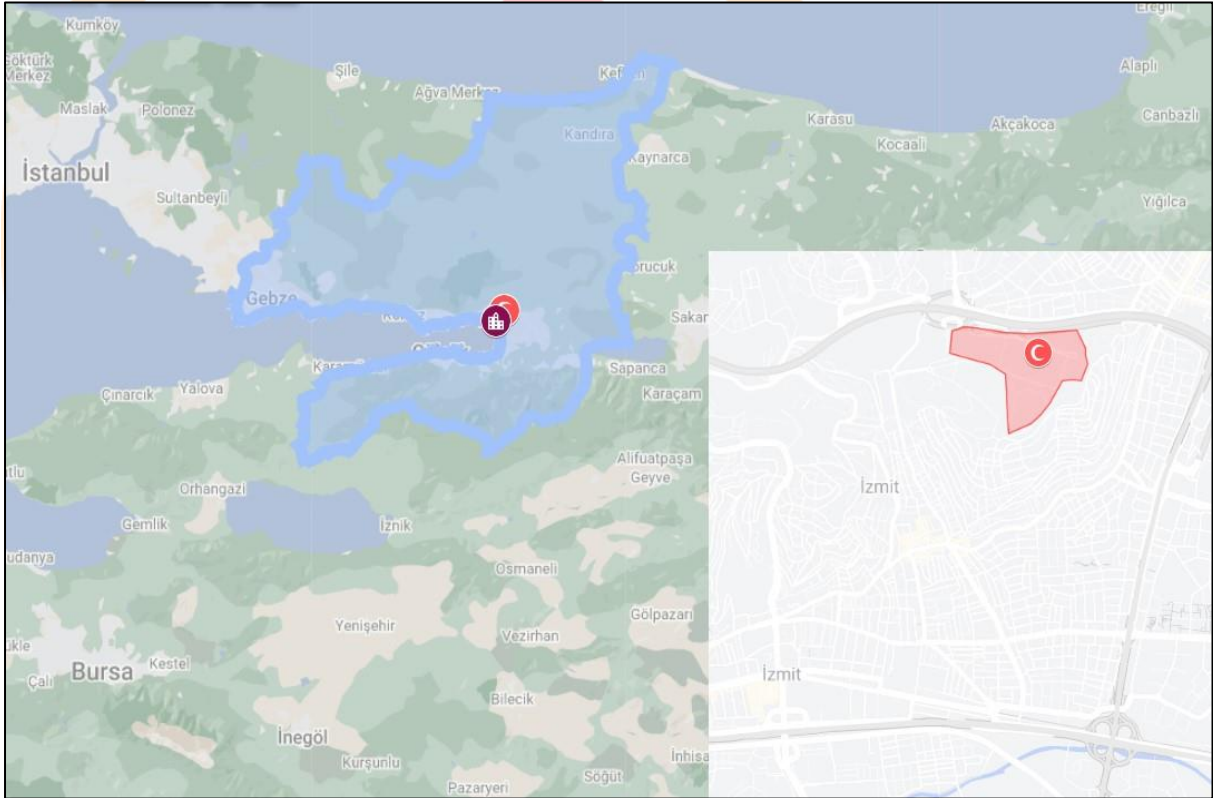
¹Yüksek Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, burakbugan@gmail.com Orcid: 0009-0009-7540-1291

²Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, gursoy@yildiz.edu.tr Orcid: 0000-0002-3782-5941

GİRİŞ

Günümüzde hastane, yol, metro, havalimanları gibi kamu yatırımları ile alışveriş merkezleri, iş merkezleri, konut, turistik tesis gibi özel yatırımlar, yapılmaya karar verildikleri andan itibaren çevrelerinde belirgin değişimlere yol açarlar. Türkiye’de son 10 yılda “Şehir Hastaneleri” genel adıyla 23 adet tesis hizmete alınmıştır ve halen farklı illerde 11 adet şehir hastanesinin yapımına devam edilmektedir. Bu tesisler, buldukları bölgede önemli ölçüde değişimleri de beraberinde getiren kamu yatırımlarındandır. Bu yatırımlar büyüklükleri, donanımları ve işletmeye alım sürecinde çevre hastanelerinin bir kısmının bu yeni yapılarla taşınmaları sebebiyle buldukları mevkide ve şehirde büyük ölçüde değişimlere sebep olmaktadır. Hatta bu tesisler buldukları şehirlerin yanı sıra, yakın çevredeki il ve ilçelerden de sağlık hizmeti almak isteyen vatandaşlara da hizmet vermektedir.

Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü, 1220 yataklı, 218 polikliniği, 63 ameliyathanesi ve yaklaşık 400.000 m² kapalı alanıyla bu konsept ile inşa edilen, Türkiye’nin en büyük sağlık komplekslerinden biridir. 03 Nisan 2023’te hizmete giren kampüs, Sağlık Bakanlığı’nın vizyonu ve bölgenin sağlık ihtiyaçlarını karşılamak üzere Kocaeli’nin merkez ilçesi İzmit’in, yeni yerleşimlerinin de yoğunlaştığı ve şehrin dış çeperinde kalan kuzey doğusunda konumlanmıştır (Bknz: Şekil 1).



Şekil 1: Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü Lokasyonu (My Maps, 28.11.2023).

Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü, büyüklüğü nedeniyle, tesisin inşaat aşamasından başlamak üzere, çevresinde belirgin etkiler yaratmıştır. İnşaat sürecinde, çevredeki emlak fiyatları değişimleriyle, işletmeye alındıktan sonra ise tesis çalışanları ve sağlık hizmeti almak için

gelen hastaların oluşturduğu trafik etkisi, tesisin yakın çevresindeki çevre yollarda gözle görülür ve de ölçülebilir değişikliklere yol açmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışma, Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü'nün hizmete alındıktan sonra çevresinde yaratmış olduğu en belirgin etkilerden olan bölgesel trafik ve emlak değerlerindeki değişimleri incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürde, yatırımların buldukları bölgeye etkilerini gözlemleyen çalışmalar ile kısa ve orta vadeli trafik tahminlerini elde eden çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda, tesisin hizmete girmeden önceki ve sonraki dönemlerde, bölgedeki trafik akışı ve emlak fiyatları verileri toplanarak karşılaştırılmıştır. Kampüsün işletmeye alınmasıyla birlikte bölgeye olan etkileri, saha çalışmalarıyla toplanan trafik verileriyle ve emlak piyasasındaki değişimler gözlemlenerek değerlendirilmiş, gelecekteki durum için tahminler ve iyileştirme önerileri sunulmuştur.

MEVCUT ÇALIŞMALAR

Yatırımların Buldukları Bölgeye Etkilerini İnceleyen Çalışmalar

Türkiye’de, bu şekilde yapılmış olan tesislerin etrafında oluşturduğu trafik veya emlak üzerine olan etkileriyle ilgili yapılan araştırmalar kısıtlıdır. Çalışmalar genellikle Ulaştırma yatırımlarının çevre etkileri olarak yoğunlaşmıştır.

(Berna AKSOY, 2018) tarafından sunulan “Ulaştırma Projeleri İle Kentsel Doku Etkileşiminin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme: T5 Eminönü- Alibeyköy Tramvayı Örneği” başlıklı çalışmada, Türkiye’nin en kalabalık şehri olan İstanbul’da 5 adet ulaştırma projesi değerlendirilmiştir. Yavuz Sultan Selim Köprüsü’nün etrafında bulunan ormanlara ve şehrin su ihtiyacını karşılayan su havzalarına yönelik olası etkilerine yer verilen çalışmada köprü inşasının açabileceği rant kapılarına da değinilmiştir. Yapımı tamamlanmış ve İstanbul’un Avrupa Yakası’nda dikey olarak konumlanmış en önemli hattı olan M2 Yenikapı-Hacıosman metro hattı üzerinde bulunan Haliç Metro Geçişi’nin tarihi kent dokusuna uyumlu olmadığı, Haliç bölgesi ve Tarihi Yarımada’nın silüetini gölgeleyecek şekilde konumlandığı belirtilmiştir. Yine Tarihi Yarımada’da konumlanan Avrasya Tüneli’nin, hizmete açıldıktan kısa süre içinde yakıt ve maliyetlerde tasarruf sağlamasına rağmen bulunduğu bölgenin tarihi ve kültürel önemine binaen araç trafiğini artırıcı etkisi olabileceğini, uzun vadede yaratabileceği trafiğin bölgeye faydadan çok zararının olabileceğine değinilmiştir. Yine İstanbul’un iki yakasını birbirine bağlayan bir raylı sistem hattı olan Marmaray’ın, şehrin en önemli ve kalabalık meydanlarından olan Üsküdar istasyonundaki giriş çıkış yapıları, tarihi meydan görünümünü gölgelediği ifade edilmiştir. Yine çalışmanın hazırlandığı yıl yapımı devam eden T5 Eminönü-Alibeyköy Cep Otogarı Tramvay Hattı Projesi’nin bulunduğu rota itibarıyla mevcut otobüs hatlarının yükünü raylı sisteme yönlendirebileceği ve kullanıcılara alternatif sağlayacağı belirtilmiştir. Bunların yanı sıra hattın geçtiği bölge üzerindeki yeşil alanların daraltılması ve inşaat süresi boyunca şantiye alanı olarak belirlenen bölgelerin çevre kullanıcılarına olumsuz etkilerinden bahsedilmiştir.

(BACARAN, 2014) tarafından yapılan “Mega Ulaştırma Projelerinin İstanbul’a Etkilerinin Araştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinde, İstanbul’da yapımı devam eden dört mega ulaştırma projesinin (İstanbul 3. Havalimanı, Kuzey Marmara Otoyolu ve 3. Boğaz Köprüsü, Marmaray ve Avrasya Tüneli) şehre olası etkileri Delphi tekniği ile araştırılmıştır. Çalışmada, ulaştırma alanında uzman 25 kişilik bir grupla üç tur anket uygulanmış ve projelerin ekonomik, sanayi, nüfus, ulaşım ve çevre açısından olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, projelerin İstanbul’a hem fayda hem de zarar getireceği,

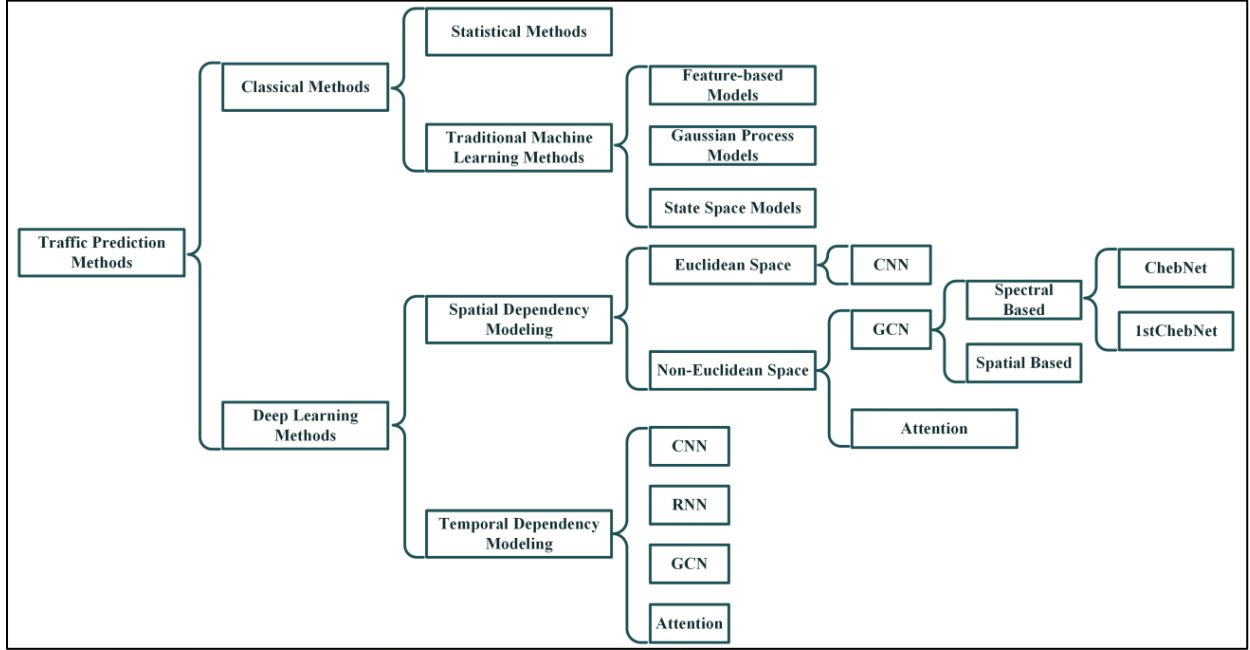
ancak zararların faydalardan daha ağır basabileceği görülmüştür. Özellikle kent kuzeyindeki doğal kaynakların ve habitatın tahribatı, nüfus artışı ve göç, trafik sıkışıklığı ve karbon emisyonu artışı gibi olumsuz etkiler dikkat çekmiştir. Çalışma, bu projelerin planlanması ve uygulanmasında daha dikkatli ve sürdürülebilir bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koymuştur. (BAYRAM, 2010) tarafından hazırlanan “İBB Ulaştırma Yatırımlarının Gayrimenkul Değerleri Üzerine Etkileri” başlıklı yüksek lisans tezinde ulaşım yatırımlarıyla gayrimenkul değerleri arasındaki ilişki irdelenmiş olup, ulaşım araçlarının konut ve iş yerlerine yakınlığıyla, değerleri arasında İstanbul özelinde doğrudan artışa yönelik bir etki olduğu görülmüş, ulaşım maliyeti farkının, arsanın rantı olduğu tespit edilmiştir.

Gelecekteki Tahmin Yöntemlerini İnceleyen Çalışmalar

Ulaşım etki analizinde gelecek dönem verilerinin tahmini ve karşılaştırılmasında literatürde farklı yöntemler kullanılmıştır. Çoğunlukla çalışmalar anlık veri tahmini sağlamakla birlikte orta vadeli ve uzun vadeli trafik tahminlerinde kullanılan yöntemler kısıtlıdır. Aşağıdaki makaleler kısa ve orta vadeli taşıt trafiği tahmininin literatürde hangi yöntemler kullanılarak yapıldığını derlemiştir.

(ERKMEN, 2013) tarafından yayınlanan “Kısa süreli trafik sayımlarından yıllık ortalama günlük trafiğin tahmin edilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinde; Karayolları Genel Müdürlüğü’nden temin edilen taşıt verileri ile her taşıt cinsi için ayrı ayrı trafik hacimleri belirlenmiştir. Hesaplanan bu veriler ile bir sonraki seneye ait YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik) tahmini yapılmış ve yılın sayılan gerçek YOGT verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan verilerin incelenmesi sonucu, genişletme katsayısı ile yapılan tahminlerin, sonradan alınan gerçek veriler ile yakınlık gösterdiği tespit edilmiştir.

(Yin X., 2021) tarafından yayınlanan Deep Learning on Traffic Prediction: Methods, Analysis and Future Directions başlıklı çalışmada derin öğrenme metotları ile yapılacak tahminler hakkında çeşitli yaklaşımları içeren farklı çalışmalara değinilmiştir. Klasik metotların da değerlendirildiği çalışmada; derin öğrenme yönteminin sınırlamaları ve zorluklarına yer verilmiştir. Klasik yöntemlerin en çok tercih edilenlerinden olan ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) yönteminin küçük veri kümelerinde daha kullanışlı olmalarının yanı sıra kompleks ve dinamik veri setleri için kullanımlarının yaygın olmadıklarına değinilmiştir. Günümüzde derin öğrenme yöntemlerinden, klasik öğrenmeye oranla daha çok faydalandığı bilinmektedir. Çalışmada mevcut trafik tahmin yöntemlerini özetleyen sınıflandırmaya yer verilmiştir. Şekil 2’de gösterilen dağılımda, trafik tahmini yöntemlerinin klasik ve derin öğrenmeyi ana başlık olarak kabul ederek birçok farklı yöntemleri belirttiği görülmektedir.



Şekil 2. Trafik Tahmin Yöntemlerinin Temel Teknikleri (Yin X., 2021, p. 3)

Tablo 1’de farklı tahmin çıktıları için daha önce yapılmış olan çalışmaların referansları verilmiş olup, çoğunlukla trafik tahmininin kısa süreli olarak yapılabildiği görülmektedir.

Tablo 1. Derin Öğrenme Yaklaşımlarının Kategorizasyonu (Yin X., 2021, p. 9).

Application task	Dataset	Time interval	Prediction window	MAPE	RMSE
Flow	TaxiBJ	30min	30min	25.97% [90]	15.88 [90]
	PeMSD3	5min	60min	16.78% [56]	29.21 [56]
	PeMSD4	5min	60min	11.09% [65]	31.00 [65]
	PEMS07	5min	60min	10.21% [56]	38.58 [53]
	PeMSD8	5min	60min	8.31% [65]	24.74 [65]
	NYC Bike	60min	60min	-	6.33 [87]
	T-Drive	60min	60/120/180min	-	29.9/34.7/37.1 [58]
Speed	METR-LA	5min	5/15/30/60min	4.90% [54]/6.80%/8.30%/10.00% [107]	3.57 [54]/5.12/6.17/7.30 [107]
	PeMS-BAY	5min	15/30/60min	2.73% [55]/3.63% [62]/4.31% [62]	2.74 [55]/3.70 [55]/4.32 [62]
	PeMSD4	5min	15/30/45/60min	2.68% [53]/3.71% [53]/4.42%/4.85% [106]	2.93/3.92/4.47/4.83 [106]
	PeMSD7	5min	15/30/45/60min	5.14%/7.18%/8.51%/9.60% [106]	3.98/5.47/6.39/7.09 [106]
	PeMSD7(M)	5min	15/30/45min	5.24%/7.33%/8.69% [51]	4.04/5.70/6.77 [51]
	PeMSD8	5min	15/30/45/60min	2.24%/3.02%/3.51%/3.89% [106]	2.45/3.28/3.75/4.11 [106]
	SZ-taxi	15min	15/30/45/60min	-	3.92/3.96/3.98/4.00 [102]
	Los-loop	5min	15/30/45/60min	-	5.12/6.05/6.70/7.26 [102]
	LOOP	5min	5min	6.01% [105]	4.63 [105]
	Q-Traffic	15min	15/30/45/60/75/90/105/120min	4.52%/7.93%/8.89%/9.24%/9.43%/9.56%/9.69%/9.78% [73]	-
	Demand	NYC Taxi	30min	30min	-
NYC Bike		60min	60min	21.00% [77]	4.51 [77]
TaxiBJ		30min	30min	13.80% [77]	17.24 [77]
Travel time	Chengdu	-	-	11.89% [116]	-
Occupancy	PeMSD-SF	60min	7 rolling time windows (24 time-points at a time)	16.80% [84]	-

Çalışma Bölgesi

Kocaeli, yerleşim tarihi milattan önce 700’lü yıllara dayanan, Marmara Bölgesi’nin doğusunda İstanbul, Yalova, Bursa ile Sakarya arasında bir ildir. İzmit Körfezi’ni çevreleyen sınırları ve İstanbul’a komşu olmasının yanı sıra birçok ana ulaşım rotasının üzerinde bulunan şehir günümüzde Türkiye’nin en önde gelen sanayi ve ticaret kentlerinden biridir. Nüfusu 2022 yılı TÜİK verilerine göre 2 milyon 79 bin 72 kişidir. 2021 yılı TÜİK verilerine göre kişi başına

153 bin 479 TL gayrisafı yurt içi hasıla ile Türkiye’de ilk sırada yer almaktadır. Karayolu trafik hacminin en yoğun olduğu Ankara-İstanbul güzergahının üzerinde bulunan il, ana güzergahları Ankara, Eskişehir, Konya ve Sivas olan Yüksek Hızlı Tren Hatlarının güzergahlarını da sınırları içerisinde barındırmaktadır.

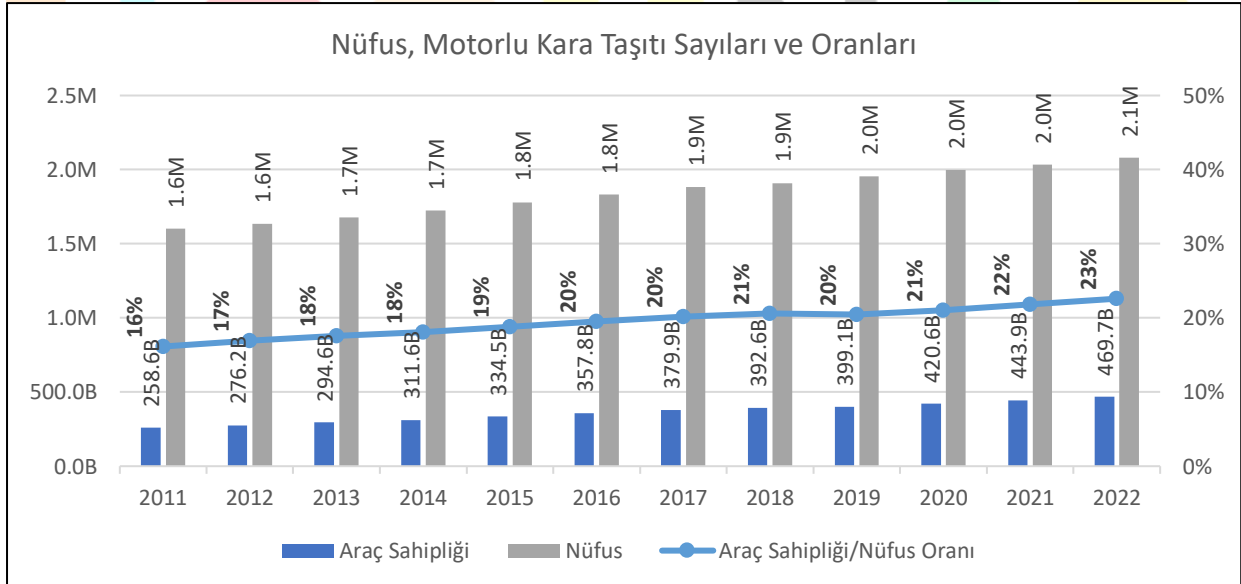
Veri Toplama Araçları

Trafik Yoğunluğu Verileri: Bu veri grubu, hastane açılmadan önce (2022) ve sonra (2023) olmak üzere iki farklı zaman diliminde, hastaneye ulaşımın ana arterleri olarak belirlenen kesimlerden saha çalışması ile alınan araç sayım verilerini içerir. Günün en kalabalık saati olarak tespit edilen saat 07:45 – 09:15 saatleri arasında hastane yönüne doğru tek yönde geçen araç sayısını araçların tipine (otomobil, minibüs, otobüs, kamyon vb.) göre sınıflandırmak üzere kaydedilmiştir.

Emlâk Değerleri Verileri: Bu veri grubu, sahibinden.com internet sitesinden temin edilmiş, günümüzden geçmişe doğru 4 yıllık satılık konut fiyatlarının TL/m² bazında toplanarak hazırlanmıştır. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası’nın aylık ortalama kur değişim verileri ile Amerikan Dolarına çevrilmiştir. Veriler kendi içerisindeki artışlar gözetilerek değil; aynı dönemde hastaneye en yakın mahalleler ile merkez ilçeler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

İnceleme

Şekil 2.’de Kocaeli ilinin toplam nüfus miktarı ile Kocaeli iline kayıtlı olan motorlu kara taşıt sayısını gösteren grafik verilmiştir. Yine aynı tabloda bu değerlerin sayısal olarak birbirine oranları gösterilmiş olup araç sahipliği oranlarında her yıl lineer bir artış gözlemlenmektedir. 2012 yılında 1000 kişiye düşen araç sayısı 168 iken 2022 yılında aynı oran 1000 kişiye 225 olarak belirtilmiştir. Bu verilere göre Kocaeli ilinde nüfus her yıl ortalama 2% - 2.5% aralığında artarken, araç sahipliği ise ortalama 5% - 6% aralığında artış göstermektedir.



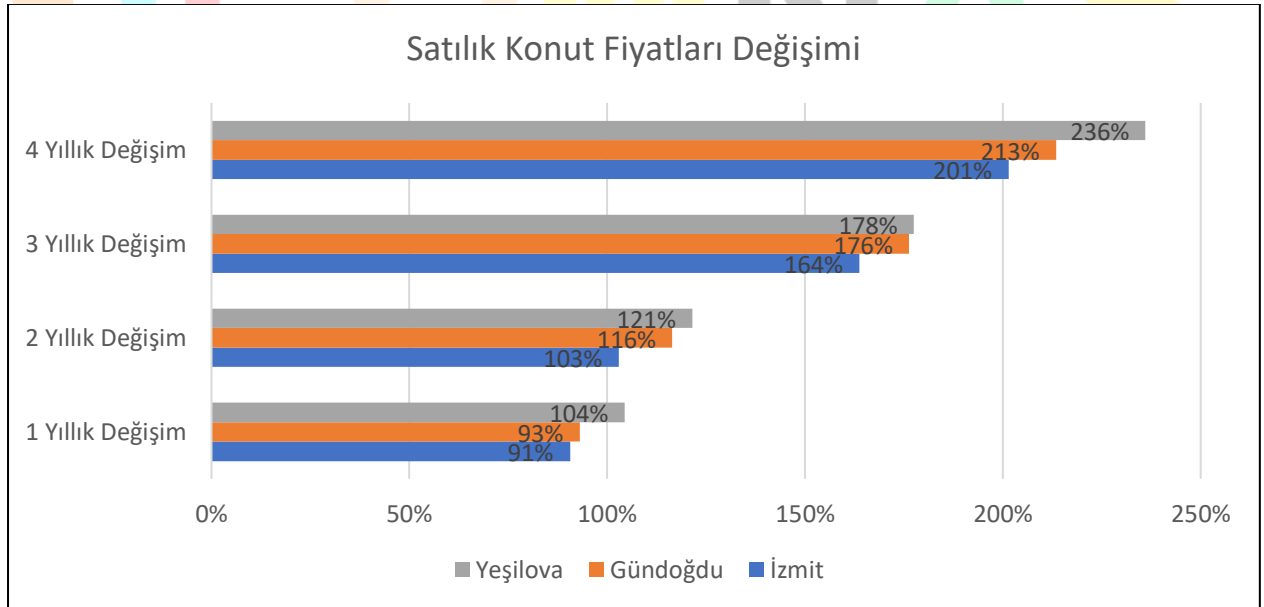
Şekil 2. Kocaeli İli Nüfus, Motorlu Kara Taşıtı Sayıları ve Oranları (TÜİK)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Kocaeli Entegre Sağlık Kampüsü'nün hizmete girdikten sonra çevresinde yarattığı ve yaratabileceği trafik ve emlak değerlerindeki değişimleri analiz etmek üzere hazırlanmıştır. Veriler, hastane açılmadan önce ve sonra olmak üzere iki farklı zaman diliminde toplanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmanın anlık sonuçları şunlardır:

Trafik yoğunluğunda artış: Hastaneye ulaşımın ana arterleri olarak belirlenen kesimlerde, hastane yönüne doğru tek yönde geçen araç sayısında, hastane açılmadan önceki döneme göre gözle görülür bir artış tespit edilmiştir. Bu artış, araç tiplerine göre de farklılık göstermiş, otomobil, minibüs ve otobüs sayılarında daha belirgin bir yükselme görülmüştür. Bu durum, hastane çalışanları ve sağlık hizmeti almak için gelen hastaların oluşturduğu yeni ulaşım talebinin bir göstergesidir. Hastanenin açılmasından sonra alınacak olan saha verileriyle sayısal olarak bu artışın hangi oranda gerçekleştiği belirlenecektir.

Emlak değerlerinin değişimini incelemek amacıyla bölgedeki satılık ev fiyatlarının TL/m² üzerinden son 4 yıl içerisindeki değişimi sahibinden.com sitesinden temin edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Son yıllardaki enflasyon ve kur dalgalanmalarından dolayı hesaplamalar Amerikan Doları cinsinden yapılmıştır. Kur değişimi, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) üzerinden aylık ortalamalar alınarak hesaplanmıştır. Yine son yıllarda COVID-19 pandemisi sebebiyle tedarik zincirindeki aksamalar inşaat yapım maliyetlerini de etkilediğinden, yıllara göre fiyat değişimini dikkate almak yerine; hastanenin bulunduğu merkez ilçenin 4 yıllık fiyat değişimi oranı ile, hastaneye en yakın 2 mahallenin fiyat değişimi oranları kendi içinde karşılaştırılmıştır (Kocaeli Satılık Konut Metrekare Fiyatları (TL), Son Erişim: 26.11.2023). Şekil 3.'te gösterilen verilere göre; 2 mahalledeki yıllık satılık konut fiyatları değişim oranları, merkez ilçe olan İzmit'e göre oldukça yüksektir. Özellikle hastanenin hizmete alındığı 2023 yılında, İzmit genelinde 201%'lik artış gözlemlenirken, hastaneye en yakın yerleşim yeri olan Yeşilova mahallesindeki 4 yıllık değişim 236% olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3. Kocaeli İli, İzmit İlçesi ile Yeşilova ve Gündoğdu Mahalleleri Satılık Konut Fiyatları Değişimi.



Hali hazırda Kocaeli sınırları içerisinde bulunan Akçaray isimli tramvay hattına da aktarmalı olarak bağlanacak olan yeni tramvay hattının bitirilmesi ve hizmete alınması hastaneye ulaşımın kolaylaştırılması ve trafik yoğunluğunun azaltılması için elzemdir. Bölge sakinleriyle daha önce sözlü yapılan görüşmelere dayanarak, hastanenin ana girişinde bulunan dönel kavşağın fiziksel olarak kullanım zorluğunun olduğu, sürekli trafik kazalarının yaşandığı bilinmektedir. Kısa vadede bu kavşağın iyileştirilmesi adına ilgili kamu birimlerince, ulaşım ağları üzerindeki eksik tabela ve işaretlerin düzenlenmesi, hız sınırlarında gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Yine çevre sakinleriyle yapılan görüşmelerde, çevredeki konut alanlarının kuş uçuşu mesafesinin yakın olmasına rağmen yaya ulaşımının zor olduğu dile getirilmektedir. Bu nedenle, bölge sakinlerinin ulaşımını kolaylaştırmak için gerekli çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir.

Ayrıca, uzun vadede hastane çevresindeki yolların genişletilmesi, kavşakların iyileştirilmesi, park alanlarının artırılması gibi fiziksel düzenlemeler de planlanarak yürürlüğe koyulmalıdır. Hastanenin bölgedeki emlak değerlerini artırması, bölge sakinleri ve yatırımcılar için bir fırsat oluşturmaktadır. Ancak, bu durumun spekülative bir balon yaratmaması ve bölgedeki sosyal dengeleri bozmaması için, emlak yönetiminin etkin bir şekilde yapılması önemlidir. Bu amaçla, bölgedeki emlak fiyatlarının izlenmesi, vergilendirilmesi, kentsel dönüşüm ve yenileme projelerinin planlanması gibi tedbirler alınabilir.

ICOMNAS

KAYNAKÇA

- Bacaran, S. (2014). Mega Ulaştırma Projelerinin İstanbul'a Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bayram, O. (2010). İBB Ulaştırma Yatırımlarının Gayrimenkul Değerleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Aksoy, B. (2018). Ulaştırma Projeleri İle Kentsel Doku Etkileşiminin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme: T5 Eminönü- Alibeyköy Tramvayı Örneği. Dicle Üniversitesi 1. Uluslararası Mimarlık Sempozyumu, Diyarbakır.
- Erkmen, F. (2013). Kısa Süreli Trafik Sayımlarından Yıllık Ortalama Günlük Trafığın Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Yin X., W. G. (2021). Deep Learning on Traffic Prediction: Methods, Analysis and Future Directions. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: 23, Issue: 6, June 2022).
- Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları. (Son Erişim: 12.11.2023). Türkiye İstatistik Kurumu: <https://www.tuik.gov.tr/>
- EVDS, (USD) ABD Doları (Döviz Alış). (Son Erişim: 27.11.2023). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası: <https://evds2.tcmb.gov.tr/>
- Yandex Haritalar. (Son erişim: 12.11.2023). <https://yandex.com.tr/harita>
- İl Bazında Gayrisafi Yurt İçi Hasıla. (Son Erişim: 26.11.2023). Türkiye İstatistik Kurumu: <https://www.tuik.gov.tr>
- Kocaeli Satılık Konut Metrekare Fiyatları (TL). (Son Erişim: 26.11.2023). Sahibinden.com: <https://www.sahibinden.com/>
- Kocaeli Şehir Hastanesi Tarihçesi. (Son Erişim: 26.11.2023). Kocaeli İl Sağlık Müdürlüğü: <https://kocaelisehir.saglik.gov.tr/>
- Kocaeli'nin Tarihçesi. (Son Erişim: 19.11.2023). Kocaeli Büyükşehir Belediyesi: <https://www.kocaeli.bel.tr>
- Motorlu Kara Taşıtları. (Son Erişim: 12.11.2023). Türkiye İstatistik Kurumu: <https://www.tuik.gov.tr/>
- Google My Maps. (28.11.2023). <https://www.google.com/maps/d/>

Controlling of *Grylotalpa grylotalpa* L. (Orthoptera: Grylotalpidae) by Entomopathogenic Nematodes

Doğancan KAHYA¹

Refik BOZBUĞA²

Abstract

Numerous factors influence yield during the cultivation of agricultural products. Among these factors, pests, diseases, and weeds cause both yield losses and a reduction in product quality, resulting in economic losses in agricultural production. *Grylotalpa grylotalpa* L. (Orthoptera: Grylotalpidae), commonly known as European mole cricket, is a pest categorized among these pests. The adult and nymph stages of this pest create galleries within the soil, causing damage on various plant materials such as seeds, roots, and tubers. European mole cricket particularly affects newly planted or germinating seedlings by cutting their roots, leading to drying of leaves, and causes economic losses in tuberous vegetables. Various control methods, including cultural practices and chemical treatments such as baits, have been implemented against this pest. However, there is limited research on biological control methods. This review provides insights into the potential use of entomopathogenic nematodes (EPNs), specifically *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, as biocontrol agents against *Grylotalpa grylotalpa*. Several studies by different researchers have demonstrated the effectiveness of these nematode species in laboratory and field conditions, indicating their potential as safe and efficient biological control strategies for managing mole crickets in vegetable crops within integrated pest management programs. This review combines information regarding the potential use of entomopathogenic nematodes in controlling the European mole cricket pest.

Keywords: *Grylotalpa grylotalpa*, Entomopathogenic nematodes, *Cydia pomonella*, Biological control, European mole cricket

¹ Assist.Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye, Orcid: 0000-0002-8996-3393, E-mail: kahyadogancan@gmail.com

² Assoc. Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye Orcid: 0000-0001-9201-5725, E-mail: refikbozbuga@gmail.com



INTRODUCTION

In general, various damaging factors during the cultivation period cause quality and product loss in agricultural products. Especially pests such as Cut worm, European Mole cricket, Potato Beetle, Legume Seed Insects, Cotton Leafworm, Whitefly, Aphids, and Red Spider Mites, Gallery Flies, Thrips can lead to significant product losses during the growing season (Erdoğan, 2006). Pests like Whitefly, Aphids, Leafhoppers, and Red Spider Mites, by sucking plant sap, weaken the plant, leading to its deterioration and drying (Erdoğan, 2006). The major damage caused by these pests is their role in carrying virus diseases, rapidly spreading these diseases because of their feeding (Erdoğan, 2006).

Many of these pests, which are polyphagous, preferentially target important vegetable species such as tomatoes, potatoes, and peppers and other agricultural crops. Some of these pests, which reproduce multiple times a year, find suitable environments in fields and especially greenhouses increasing their number of generations and, consequently, the extent of damage (Erdogan, 2006).

The review outlines the status of entomopathogenic nematodes (EPNs) in Turkey, commencing with studies initiated in 1995, identifying five steinernematid and two heterorhabditid species through survey studies, and encompassing investigations into EPN activity against various insects, as well as ecological aspects such as host finding behaviour and reproductive potential, emphasizing the need for evaluating EPNs' biological control potential and regulatory considerations in agricultural strategies (Susurluk, 2007).

To minimize the product losses caused by the mentioned pests, it is necessary to control these damaging factors. Without proper control measures, yield loss can vary from year to year and from region to region, reaching an average of up to 60-80% (Anonymous 1995). Successful pest control requires a thorough understanding of the identification and habits of these pests.

THE EUROPEAN MOLE CRICKET, *Gryllotalpa Gryllotalpa* (Linnaeus 1758) (ORTHOPTERA: GRYLLOTALPIDAE)

The large, 6-7 cm long adult mole crickets, with either light or dark brown colouring and prominently extended heads, primarily inhabit moist, humus-rich, clay-sandy soils, where they actively burrow at night, causing damage by feeding on plant material, including seeds, roots, and tubers, particularly targeting newly planted or germinated vegetable seedlings by cutting their roots, leading to drying, and consuming the tubers of root vegetables (Erdoğan, 2006; Anonymous, 2008).

Implementing proper and timely soil cultivation disrupts the subterranean habitats of the pest, exposing and destroying eggs, nymphs, and adults by natural enemies; strategically using untreated farm manure heaps in gardens, where the pest gathers due to its preference for fertilized and warm soils at the end of summer, proves highly effective in reducing the population; immediate control measures should be taken regardless of density due to the pest's damaging nature; and their presence or absence in a location can be determined by examining signs like damaged plants, excavated galleries, and surface markings less than 1 cm deep in moist soils, with control efforts feasible from early spring to the end of October in various regions of Türkiye (Erdoğan, 2006; Anonymous, 2008).

BIOLOGICAL CONTROL OF THE EUROPEAN MOLE CRICKET, *Gryllotalpa gryllotalpa*

Research at the University of Florida is investigating biological control methods for mole crickets, particularly the three invasive species of *Scapteriscus* spp. introduced to the southern United States from southern South America in 1900, with a focus on utilizing natural enemies imported from South America and native predators, including fungal pathogens, nematodes, wasps, flies, beetles, to mitigate the impact of *Scapteriscus* on turf and pasture grasses (Hudgson et al., 2014).

15 fungal isolates obtained from *G. gryllotalpa* are identified, including *Beauveria bassiana*, *Clonostachys* sp., *Bionectria* sp., *Metarhizium anisopliae*, *Clonostachys rogersoniana*, *Myriodontium* sp., and *Myriodontium keratinophilum*, with *Metarhizium anisopliae* Gg-12 exhibiting the highest virulence, causing 87% mortality in mole crickets within 15 days post-inoculation at a conidial concentration of 1×10^7 conidia ml⁻¹, suggesting its potential for further investigation as a biocontrol agent against mole crickets (Sönmez et al., 2016).

The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* aims to: evaluate the efficacy of different strains and application rates in a laboratory bioassay. The findings underscore the crucial role of strain selection in using *B. bassiana* as an effective biological control against for some turfgrass pests (Thompson, 2003).

Investigating the bacterial microbiota of *G. gryllotalpa* nymphs, ten different aerobic bacterial species were isolated, identified, and characterized morphologically, physiologically, and biochemically, with metabolic enzyme profiles determined through API 20E and API 50CH panel tests, revealing bacterial species including *Bacillus weihenstephanensis*, *Serratia ureilytica*, *Bacillus simplex*, *Bacillus nanhaiensis*, *Bacillus* sp., *Bacillus gibsonii*, *Citrobacter braakii*, *Paenibacillus* sp., *Enterobacter* sp., and *Providencia rettgeri*, with *Bacillus weihenstephanensis* and *Bacillus nanhaiensis* showing potential for microbial control against *G. gryllotalpa* nymphs (Sezen et al., 2013).

The virulence of entomopathogenic nematodes (*Steinernema scapterisci*) and the fungus *Beauveria bassiana* on *Gryllotalpa africana*, revealing an antagonistic effect when combined, as opposed to individual treatments, leading to a significant reduction in total protein content and α - and β -esterase activity, while causing an increase in lactate dehydrogenase (LDH) activity compared to the control (Shoeb et al., 2016).

The European mole cricket (*Gryllotalpa gryllotalpa*) poses a global threat to various crops, causing damage to both aboveground foliage and belowground roots, and research on the efficacy of entomopathogenic nematodes (EPNs), specifically *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, against adult European mole crickets in laboratory and field conditions revealed high mortality rates, demonstrating the potential of EPNs as effective biological control agents for integrated pest management programs targeting *Gryllotalpa gryllotalpa* in vegetable crops (Nouh and Adly, 2021).

A novel nematode strain, identified as *Oscheius myriophila*, id isolated from the *G. gryllotalpa* in the Black Sea Region of Turkiye, characterized by morphometric and molecular analyses, with distinct differences from *Rhabditis myriophila*, marking the first recorded instance of *O. myriophila* in *G. gryllotalpa* (Erbaş et al., 2017).

RELATIONSHIP BETWEEN ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES and *Gryllotalpa Gryllotalpa*

The efficacy of entomopathogenic nematodes, specifically *Steinernema carpocapsae* (strain All) and *Heterorhabditis bacteriophora* (strain HP88) against the *G. gryllotalpa*, demonstrating



significant mortality rates of adult mole crickets in laboratory trials, with a synergistic effect observed in field applications, suggesting the potential of using these entomopathogenic nematodes as effective biological control agents for managing *G. gryllotalpa* in vegetable crops within integrated pest management programs (Nouh and Adly, 2021).

The susceptibility of the Common European mole cricket to entomopathogenic nematodes, comparing a commercial strain (Nemastar) with a local Ukrainian isolate of *Steinernema carpocapsae*, was investigated under controlled laboratory conditions, revealing that both nematode strains were effective in parasitizing last instar nymphs and adults of *G. gryllotalpa*, with the Ukrainian isolate exhibiting slightly higher mortality rates in adult mole crickets, providing valuable insights for the potential development of a biological control program (Stefanovska and Pisdliisnyuk, 2014).

The highlights the commercial production and global use of entomopathogenic nematodes, particularly *Heterorhabditidae* and *Steinernematidae*, and as biological control agents against soil insect pests, emphasizing their advantages such as broad host range, rapid host mortality, ease of production, application versatility, safety, and environmental compatibility, while also exploring their potential for pest management in Turkish soils were given by Hazır et al., 2004.

CONCLUSION

In conclusion, *G. gryllotalpa*, the European mole cricket, poses a significant threat to various crops, causing damage to both aboveground foliage and belowground roots. While chemical and cultural control methods have been implemented, there is limited research on biological control, and this review emphasizes the potential of entomopathogenic nematodes (EPNs), specifically *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, as effective and safe biocontrol agents against *G. gryllotalpa*. Numerous studies demonstrate the high efficacy of EPNs in laboratory and field conditions, suggesting their integration into comprehensive pest management programs. Additionally, findings on fungal isolates and bacterial microbiota provide further insights into alternative biological control strategies for managing this agricultural pest, necessitating further research and consideration for sustainable pest management practices.

REFERENCES

- Anonymous, (1995). Zirai Mücadele Teknik Talimatı. 1995. Koruma Kontrol genel Müdürlüğü. Cilt 2.
- Anonymous, (2008). <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Teknik%20tal%C4%B1matlar%202008/C%C4%B0LT%203.pdf>. (Accessed date: 03.12.2023).
- Erbaş, Z., Demir, İ., Demirbağ, Z. (2017). Isolation and Characterization of a Parasitic Nematode, *Osccheius myriophila* (Nematoda: Rhabditida), Associated with European Mole Cricket, *Gryllotalpa gryllotalpa* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Hacettepe J. Biol. & Chem.*, 45(2), 197-203.
- Erdoğan, P. (2006). Sebze Ve Yem Bitkilerinde Görülen Zararlılar Ve Mücadele Yöntemleri. *Tarla bitkileri merkez araştırma enstitüsü dergisi*, 15(1-2), 1-10.
- Hazır, S., Kaya, H. K., Stock, S. P., & Keskin, N. (2003). Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turkish journal of Biology*, 27(4), 181-202.
- Hudson, W.G., Frank, J.H., Castner, J.L. (2014). Biological control of *Scapteriscus* spp. mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae) in Florida. *Bulletin of the ESA*, 34(4), 192-198.
- Nouh, G. M., & Adly, D. (2021). Evaluation of the virulence of entomopathogenic nematodes as a biological control agents against *Gryllotalpa gryllotalpa* (Gryllotalpidae). *Journal of Applied Entomology*, 145(10), 1050-1056..
- Nouh, G.M., Adly, D. (2021). Evaluation of the virulence of entomopathogenic nematodes as a biological control agents against *Gryllotalpa gryllotalpa* (Gryllotalpidae). *Journal of Applied Entomology*, 145(10), 1050-1056.
- Sezen, K., Isci, Ş., Muratoglu, H., & Kadriye, Inan, K. (2013). Identification and pathogenicity of bacteria from *Gryllotalpa gryllotalpa* L.(Orthoptera: Gryllotalpidae). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 4(2), 89-108.
- Shoeb, M., El-mahdi, I., Shairra, S. (2016). Virulence Of Stinernema Scapterisci And Beauveria Bassiana And Their Effects To The Biochemistry Of The Mole Cricket *Gryllotalpa Africana* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Egyptian Journal of Zoology*, 66(66), 205-216.
- Sönmez, E., Sevim, A., Demirbag, Z., & Demir, I. (2016). Isolation, characterization and virulence of entomopathogenic fungi from *Gryllotalpa gryllotalpa* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Applied Entomology and Zoology*, 51, 213 - 223.
- Stefanovska, T., Pisdliisnyuk, V. (2014). Evaluation Of Virulence Of Steinernema Carpocapsae To European Mole Cricket *Gryllotalpa Gryllotalpa* L. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 79(2), 331-334.
- Susurluk, İ. A. (2007). A review on entomopathogenic nematodes in Turkey. *J. Biol. Environ. Sci.*, 1(2), 67-71.
- Thompson, S.R. (2003). Biological control and behavioral studies of mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae) with the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin.

Potential Use of Entomopathogenic Nematodes in the Control of *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae)

Doğancan KAHYA¹

Refik BOZBUĞA²

Abstract

Pests, diseases, and weeds are significant threats to agricultural production, leading to important yield losses. Apple, a vital agricultural product in our country, is adversely affected by various pests, diseases, and weeds, impacting both yield and quality. The codling moth, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), is among the pests affecting apple trees, with its larvae opening galleries within fruits by burrowing directly into them. This damage, inflicted on the fruit, diminishes both yield and quality, negatively impacting market value. Various methods, including cultural, biotechnical, biological, and chemical approaches, are applied for codling moth control. Phomone traps, registered in our country as part of biotechnical control, are widely used by producers. Furthermore, studies have demonstrated the use of egg parasitoids and entomopathogenic biocontrol agents in biological control against codling moths. In Türkiye, entomopathogenic agents containing *Bacillus thuringiensis* are employed in controlling codling moths. Several studies have been conducted globally and in Türkiye, evaluating different entomopathogenic nematode species against codling moths; for instance, *Steirinema jeffreyense* is highly effective in field trials, while *S. feltiae* demonstrates increased virulence in laboratory bioassays at lower temperatures. This review provides insights into the opportunities and studies related to the global and national utilization of entomopathogenic nematodes for biological control against the codling moth.

Keywords: The codling moth, *Cydia pomonella*, Biological control, Entomopathogenic nematode

¹ Assist.Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye, Orcid: 0000-0002-8996-3393, E-mail: kahyadogancan@gmail.com

² Assoc. Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye Orcid: 0000-0001-9201-5725, E-mail: refikbozbuga@gmail.com

INTRODUCTION

Apple is the second most produced fruit worldwide after bananas, with over 7,500 varieties (Kaşka, 1997; Rosa, 2016), and it is the most produced fruit type in Türkiye after grapes. The high production volume of apples can be recognised to its high adaptability, the development of varieties that align with consumer preferences, and the suitability of these varieties for preservation, enabling year-round consumption (Özbek, 1978; İmrak et al., 2010).

According to FAO data for the year 2020, global apple production reached 86,644,716 tons over an area of 4,622,366 hectares (FAO, 2022). China accounts for 46.74% of this production, while the United States contributes 5.37% and Türkiye holds the third position in global apple production with 4,300,486 tons (FAO, 2022).

There are many factors in apple cultivation, such as numerous pests, diseases, and weed species causing economic losses have been identified (Anonymous, 1999; 2011). Among these pest species, apple codling moth, red spider mites, aphids, scale insects, apple bud moth, apple leafroller, gallery moths, and trunk borers are main pests (Anonymous, 2011). These pests, through their feeding damage, can lead to the formation of poor-quality fruit, a decrease in market value, even the drying of the tree. In both Türkiye and other European countries, it has been reported that around 20 sprayings within chemical control are carried out, especially in years with abundant rainfall (Boyras et al., 2005; Kunz et al., 2008).

The result of these sprayings is a negative impact on both the natural balance and human and environment. Furthermore, intensive use of pesticides brings about the issue of resistance among pests (Karaca and Küçükballı, 2018). Additionally, the residue levels left by the used pesticides pose serious problems during marketing. For these reasons, alternative pest control methods have become inevitable for effective pest management and the cultivation of healthy crops (Karaca and Küçükballı, 2018).

The Codling Moth (*Cydia pomonella* (L.) (Lep.: Tortricidae)) is significant importance as the primary pest in apple cultivation (Anonymous, 2008). This pest causes important damages on apple cultivation in Türkiye. The Codling Moth typically produces two generations, and in some locations and it can reach three generations in some regions. It is known to be not only to apples but also to pears, quinces, and walnuts, and to a lesser extent, it can be found in plums, apricots, and peaches (Anonymous, 2008).

Several studies have been conducted by several researchers about entomopathogenic nematodes to control codling moth.

Five entomopathogenic nematode species for codling moth control, revealing *S. jeffreyense* as the most effective in field trials (67%), *S. feltiae* as the most virulent in laboratory bioassays (67%), and cold-treated *S. feltiae* or *S. yirgalemense* achieving 100% mortality in codling moth larvae, contrasting with *H. bacteriophora* strains yielding 68% and 54% control; additionally, *S. feltiae* displayed higher penetration rates at 14°C, while *S. yirgalemense* excelled at 25°C, underscoring *S. jeffreyense*'s biocontrol potential and *S. feltiae*'s cold-active nature (Odendaal et al., 2015).

Steinernema carpocapsae and *Steinernema feltiae*, demonstrated high efficacy in controlling diapausing cocooned codling moth larvae infesting fruit bins, with mortality rates ranging from 45% to 95% achieve through experimental treatments involving laboratory-produced and commercially available nematodes, especially when adjuvants like Silwet L77 and Stockosorb are employed to enhance penetration and mitigate desiccation, suggesting their potential as a nonchemical control method applicable during bin submersion in dump tanks for fruit flotation in packing houses (Lacey et al., 2005).

This review provides information on studies related to the relationship between the codling moth (*Cydia pomonella*) and entomopathogenic nematodes.

BIOLOGICAL CONTROL OF THE CODLING MOTH *Cydia pomonella*

There are many studies conducted about biological control of *C. pomonella* with parasitoid, predatory insects and entomopathogens. The efficacy of releasing *Trichogramma evanescens* with or without *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* in controlling the Codling Moth that *T. evanescens* alone, applying *B. thuringiensis* var. *kurstaki* alone, applying both agents, and a control without any application (Öztemiz et al., 2017). The combined treatment of *T. evanescens* and *B. thuringiensis* var. *kurstaki* significantly reduced pest populations and fruit infestation, demonstrating promising results in the biological control of this pest (Öztemiz et al., 2017).

The Codling Moth poses a global threat to apple and pear crops, traditionally managed with broad-spectrum insecticides. Growing concerns about the safety and sustainability of synthetic pesticides have led to the integration of softer control methods, including biological agents, within the framework of integrated pest management (IPM). Lacey and Unruh (2005) reviewed highlights the potential of the codling moth granulovirus (CpGV), entomopathogenic nematodes (EPNs), and parasitoids such as *Mastrus ridibundus* and *Ascogaster quadridentata* in providing effective and environmentally friendly biological control, emphasizing the importance of minimizing broad-spectrum pesticide use and considering ecological factors in orchard management for successful IPM.

The distribution and diversity *Metarhizium* and *Beauveria* species in walnut fields in Kırşehir, Türkiye, and assessed their pathogenicity against the Codling Moth (*Cydia pomonella*) (Gürlek et al., 2018). Through the analysis of 90 soil samples, the researchers identified common presence of *Metarhizium robertsii*, *M. brunneum*, *Beauveria pseudobassiana*, *B. bassiana*. Among these, *M. brunneum* ELA-38 demonstrated high pathogenicity, causing 83% mortality in *C. pomonella* larvae within two weeks, suggesting the potential use of these entomopathogenic fungi in future biological control programs for the pest (Gürlek et al., 2018). In addition, another study aimed to identify effective and safe bacterial flora for biological control against the Codling Moth. After morphological, physiological, and biochemical tests, various bacteria were identified, including *Bacillus laterosporus* exhibiting the highest insecticidal effect at 65% within eight days (Ertürk and Demirbağ, 2006). Other bacterial isolates showed varying degrees of insecticidal effects, highlighting the potential of *Bacillus laterosporus* and other identified bacteria as candidates for biological control strategies against *Cydia pomonella* (Ertürk and Demirbağ, 2006)

ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AND CODLING MOTH

The efficacy of 4 entomopathogenic nematode (EPN) species (*Heterorhabditis bacteriophora* 11KG, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae*, TOK20) against the last instar of the apple pest *Cydia pomonella*, revealing *H. bacteriophora* 11KG as the most effective isolate, inducing 77.8% larval mortality at the uppermost concentration (1000 IJs/ml-1) subsequently 120 hours, highlighting the potential of these nematodes for *C. pomonella* control (Erdoğan et al., 2022).

Field surveys in apple orchards, isolating and identifying entomopathogenic nematodes (EPNs) and their endosymbionts (*Photorhabdus* and *Xenorhabdus* spp.), with *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora* are identified; screening their pathogenicity on *Galleria mellonella* larvae, the two most pathogenic isolates from each EPN species achieved 100%

mortality on fifth instar larvae of *Cydia pomonella* at a concentration of 100 IJs/larva, suggesting the potential for biological control of codling moth by EPNs and their symbiotic bacteria (Gümüşsoy et al., 2022).

The efficacy of the commercial product *Steinernema feltiae* (NEMAPOM, e-nema GmbH, Germany) in controlling diapausing *Cydia pomonella* larvae in Argentine commercial organic orchards, demonstrating over 85% mortality in codling moth larvae at two test sites, with laboratory assays at 4 °C confirming infectivity, while persistence in the field was limited, and local EPN strains, particularly *Heterorhabditis bacteriophora*, were detected post-application, suggesting *S. feltiae*'s effectiveness in controlling codling moth under specific environmental conditions (Eliceche et al., 2023).

The biocontrol potential of South African isolates of *Heterorhabditis zealandica*, *Steinernema citrae*, *S. khoisanae*, *S. yirgalemense*, and *Steinernema* sp. are assessed against codling moth, with all isolates demonstrating susceptibility (78–100% mortality) at a concentration of 50 infective juveniles/insect, although low temperatures negatively impacted larvicidal activity, and field-testing revealed the effectiveness of three isolates (*S. khoisanae*, *Steinernema* sp. and *H. zealandica*), and while insect containment methods influenced larvicidal activity, indicating overall varied but promising biological control potential (de Waal et al., 2011).

CONCLUSION

In conclusion, the global and national use of entomopathogenic nematodes presents a promising opportunity for the biological control of the codling moth (*Cydia pomonella*) in apple cultivation. The diversity of entomopathogenic nematode species, such as *Steinernema jeffreyense*, *S. feltiae*, and *Heterorhabditis bacteriophora*, showcases their efficacy in laboratory and field trials. Integrated approaches involving entomopathogenic nematodes, parasitoids, and *Bacillus thuringiensis* contribute to sustainable pest management, offering alternatives to chemical control methods. However, further field studies are necessary to assess the practical application and environmental impact of these biological control strategies. This review highlights the potential of entomopathogenic nematodes as valuable components of integrated pest management programs for sustainable apple production to control the codling moth.

REFERENCES

- Anonim, (2008). Ziraî Mücadele Teknik Talimatları, Cilt 4, Ankara, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 145-158.
- Anonymous, (1999). Integrated Pest Management for Apples and Pears. Second Edition. University of California, Publication, 3340, 1-231.
- Anonymous, (2011). Elma Entegre Mücadele Teknik Talimatı . T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, 1-188.
- Boyras, N., Kaymak, S., Yiğit, F. (2005). Eğirdir ilçesi elma üreticilerinin kimyasal savaşım uygulamalarının genel değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36), 3751.
- De Waal, J. Y., Malan, A. P., & Addison, M. F. (2011). Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) against codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in temperate regions. *Biocontrol Science and Technology*, 21(10), 1161-1176.
- Eliceche, D., Rusconi, M., Rosales, M., Rossi, J., Salas, A., Macagno, C., ... & Achinelly, F. (2023). The efficacy of *Steinernema feltiae* in the control of *Cydia pomonella* in organic apple and pear orchards of Patagonia Argentina and its impact on local populations of entomopathogenic nematodes. *BioControl*, 1-12.
- Erdoğan, F.D., Özdem, A., Yağci, M., Kepenekçi, İ. (2022). Investigating the efficacies of the entomopathogenic nematodes on the last instar larvae of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) under laboratory conditions. *Plant Protection Bulletin*, 62(2), 5-10. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.1055708>
- Ertürk, Ö., Demirbag, Z. (2006). Studies on bacterial flora and biological control agent of *Cydia pomonella* L.(Lepidoptera: Tortricidae). *African journal of biotechnology*, 5(22).
- FAO, (2022). Statistical Database. <https://www.fao.org/statistics/en>. Accessed 02.11.2023.
- Gümüşsoy, A., Yüksel, E., Özer, G., İmren, M., Canhilal, R., Amer, M., & Dababat, A. A. (2022). Identification and biocontrol potential of entomopathogenic nematodes and their endosymbiotic bacteria in apple orchards against the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Insects*, 13(12), 1085.
- Gürlek, S., Sevim, A., Sezgin, F.M., & Sevim, E. (2018). Isolation and characterization of *Beauveria* and *Metarhizium* spp. from walnut fields and their pathogenicity against the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1-6.
- İmrak, B., Küden, A., Küden, A., (2010). Elma Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Adana.
- Karaca, İ., Küçükballı, N. (2018). Elma Bahçelerinde Bazı Önemli Zararlılara Karşı Azadirachtin ve Kaolin Uygulamalarının Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 918-923.
- Kaşka N, (1997). Türkiye’de Elma Yetiştiriciliğinin Önemi, Sorunları ve Çözüm Yolları. Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyum Bildirileri. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova. 1-12.
- Kunz, S., Mögel, G., Hinze, M., Volk, F. (2008). Control of apple scab by curative applications of biocontrol agents. Eco-Fruit : proceedings to the 13th international conference from February 18th to February 20th, 2008 at Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg, Germany. - Weinsberg: Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau, 6267.



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

- Lacey, L.A., Neven, L.G., Headrick, H.L., & Fritts Jr, R. (2005). Factors affecting entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) for control of overwintering codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in fruit bins. *Journal of economic entomology*, 98(6), 1863-1869.
- Lacey, L.A., Unruh, T.R. (2005). Biological control of codling moth (*Cydia pomonella*, Lepidoptera: Tortricidae) and its role in integrated pest management, with emphasis on entomopathogens. *Vedalia*, 12(1), 33-60.
- Odendaal, D., Addison, M. F., & Malan, A. P. (2016). Entomopathogenic nematodes for the control of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) in field and laboratory trials. *Journal of Helminthology*, 90(5), 615-623.
- Özbek, S., (1978). Özel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 128. Adana.
- Öztemiz, S., Küden, A., Nas, S., & Lavkor, I. (2017). Efficacy of *Trichogramma evanescens* and *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* in control of *Cydia pomonella* (L.) in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture And Forestry*, 41(3), 201-207.
- Rosa, N.D.H, (2016). Comparison between Benzyladenine and Metamitron as Chemical Thinning Agents in Gala, Kanzi, Pink Lady and Red Delicious apple cultivars. M.Sc. Thesis. Agronomia da Universidade de Lisboa, Portekiz.

ICOMNAS

Biyomedikal Cihazlarda 5G Frekans Bandı Girişimini Bastırmak için Frekans Seçici Yüzey ile Filtre Tasarımı

Mehmet Enis KARTAL¹

Bilal TÜTÜNCÜ²

Özet

Frekans Seçici Yüzeyler (FSY) belirli frekansları geçirmek ve diğer frekansları bastırmak için kullanılan mikro şerit yama yapıya sahip bir çeşit pasif filtrelerdir. Genellikle bant geçiren veya bant durduran tepkilere sahip olmalarından dolayı, yaygın olarak uzaysal filtreler, anten reflektörleri, radomlar, mikrodalga soğurucular, yapay manyetik iletkenler ve elektromanyetik bant-boşluk malzemeleri olarak kullanılırlar. Elektromanyetik dalgaları manipüle etmedeki performansı nedeniyle, frekans seçiminde, bitişik bant girişimi bastırmada ve elektromanyetik girişim önlemede önemli bir rol oynar. Bu nedenle bunların tasarımındaki hedef belirlenen ve istenmeyen bant aralığını bastırırken istenen frekans değerlerinin iletimini sağlamaktır. Bu çalışmada tıbbi cihazların, 5G uygulamalarında kullanılan frekans bantlarından etkilenmemesi amacıyla biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere 3.56 GHz merkez çalışma frekansına sahip bir bant durduran filtre özellikli frekans seçici yüzeyin birim hücresi tasarlanmış ve bu tasarımın saçılma parametreleri üzerinde yapılan simülasyon sonuçları sunulmuştur. Tasarım ve simülasyon çalışmaları için literatürde kullanılan birkaç farklı programlar içinden CST STUDIO'yu tercih ettik. CST STUDIO, Sonlu Entegrasyon Tekniği (FIT)'ne dayanmaktadır ve simülasyon kolaylığı nedeniyle anten ve mikro şerit filtre tasarım çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Tasarımda kullanılacak alttaş için dielektrik malzeme ve kalınlık seçimi, detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre, optimum performans, $\epsilon=3$ dielektrik katsayısına sahip olan 0.5 mm kalınlığındaki Rogers RO3003 malzemesinin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bu koşullarda, geri dönüş kaybı S11, 3.5 GHz frekansında -19.15 dB değerindedir.

Anahtar Kelimeler: Frekans Seçici Yüzey, Bant Durduran Filtre, 5G, Mikrodalga, Biyomedikal

¹ Öğrenci, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, e-mail: kartalenis01@gmail.com

² Doç. Dr. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, e-mail: balaltutuncu@yyu.edu.tr, Orcid: 0000-0002-7439-268X

1. GİRİŞ

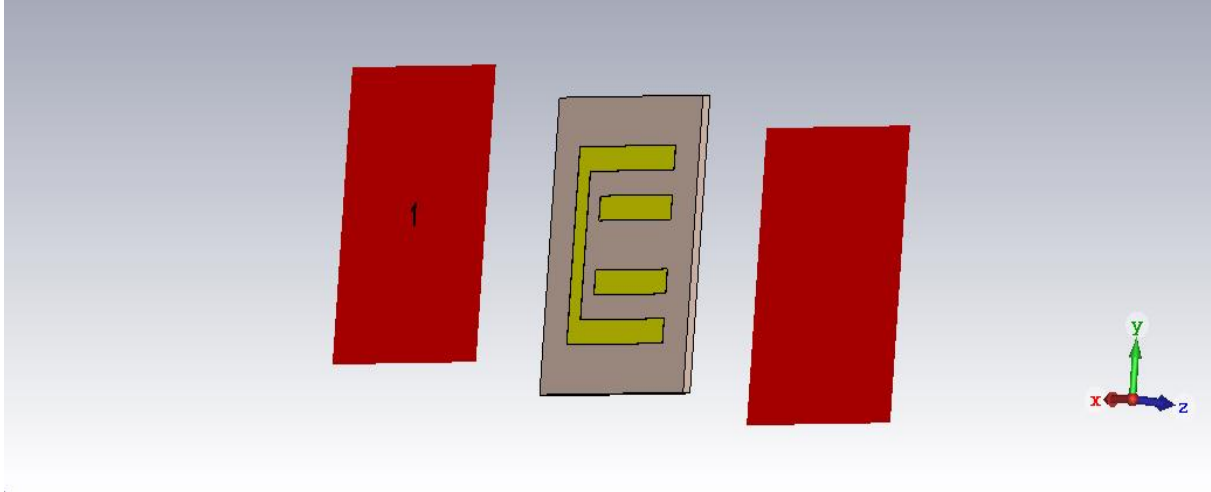
Frekans Seçici Yüzey (FSY), belirli bir frekans aralığında sinyallerin iletilmesini sağlayan, istenen frekansta rezonans sağlayan periyodik olarak düzenlenmiş yama veya açıklık dizisidir (Teşneli vd., 2019). FSY'ler, alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren veya bant durduran özellikleri olan elektromanyetik filtrelerdir ve tasarımları genellikle frekans bazlı yapılmaktadır (Hotami, 2018). Epoksi malzemeler gibi kompozit yapılar, FSY'lerin tasarımında yaygın olarak kullanılır (Duman,2019). Son dönemlerde kablosuz iletişim (Kasar vd.,2018), mikrodalga (Belen ve Mahouti, 2019) ve radar sistemleri gibi alanlarda FSY'lerin kullanımı oldukça artmıştır (Kocakaya vd., 2019). CST STUDIO Suite simülasyon programı, sonlu elemanlar yöntemi (FEM), sonlu entegrasyon tekniği (FIT) ve iletim hattı matris yöntemi (TLM) gibi çoklu elektromanyetik simülasyon çözücülerine erişim sağlar. Bu çözücüler, yüksek frekanslı simülasyon görevleri için en güçlü genel amaçlı çözücülerdir. Bu çalışma, CST STUDIO Suite simülasyon programı kullanarak biyomedikal uygulamalar için 3.4-3.8 GHz frekans bandında bant durduran bir filtre tasarımını, düzlemsel, basit ve kompakt bir yapıda gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. CST simülasyon programı kullanılarak öncelikle altaş dielektrik malzemesi boyutları ve şekil analizleri yapılmış, ardından yama şekli ve boyutları üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiş ve elde edilen S11 geri dönüş kaybı değerleri ile soğurucu performansı ortaya konmuştur. Tasarlanan yapı, boşluklu yapısıyla daha hassas olması ve yüksek soğurma özelliği sunması amacıyla özenle ve dikkatle planlanmıştır. Bu nedenle bir dizi tasarım çalışması yapılmıştır. Sonuç olarak 3.5 GHz merkez çalışma frekansında geri dönüş kaybı -19.15 dB değerinde $\epsilon=3$ dielektrik katsayısına sahip olan 0.5 mm kalınlığındaki Rogers RO3003 dielektrik malzemesi ile FSY birim hücre yapısında bir filtre elde edilmiştir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

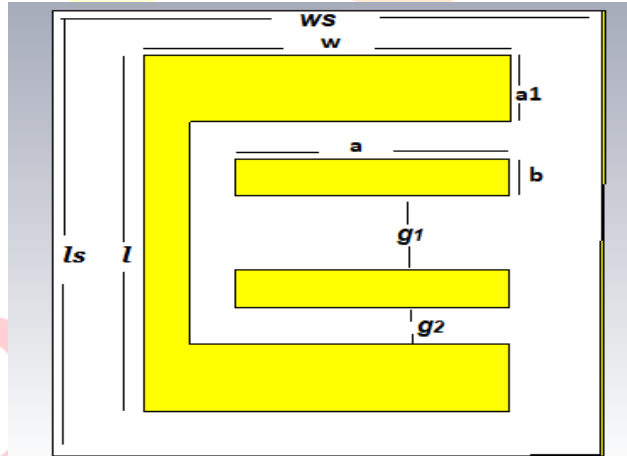
2.1. Birim Hücre Tasarımı

Tasarım ve simülasyon çalışmaları kapsamında CST STUDIO programı kullanılarak gerçekleştirilen analizler, belirli altaş, yama ve port yapılarının geometrik şekil ve elektriksel özelliklerinin araştırılması üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada özellikle, altaş malzeme ve altaş kalınlık parametrelerinin elektromanyetik soğurmaya etkisi incelenmiştir. Boşluklu yama yapının hassasiyeti ve yüksek soğurma performans beklentisi, tasarım sürecinin dikkatle ve titizlikle yürütülmesini gerektirmektedir. Bu amaçla, çeşitli tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir ve tasarlanan yapının saçılma parametreleri ölçülmüş ve bu amaçla 2 adet uzak alan dalga kılavuzu portu kullanılmıştır. Dielektrik malzeme olarak sırayla FR-4 ($\epsilon=4.3$), Mica ($\epsilon=6$), Rogers RO3003($\epsilon=3$), Taconic TLY-5 ($\epsilon=2.2$) kullanılmış ve altaş için en uygun dielektrik malzemesi seçimi CST STUDIO programı üzerinden yapılan S11 parametre analizleriyle belirlenmiştir. Portların soğurucu yapıdan uzaklığı, Eşitlik-1 ile belirlenmiş ve her iki port da bu uzak alan sınırlarına konumlandırılmıştır. Bu eşitlikte 'D' anten boyutunu, ' λ ' ise ilgili dalga boyunu ifade etmektedir. Simülasyon düzeni, Şekil 1'de gösterilmiştir. Soğurucu yapının parametrik çalışmaları neticesinde elde edilen son halinin boyut parametreleri ise Şekil 2'de gösterilmiş olup ilgili değerler Tablo 1'de sunulmuştur.

(Uzak Alan) $F=2D^2/\lambda$ (Eşitlik-1)



Şekil 1. Tasarlanan Soğurucunun Simülasyon Düzeni



Şekil 2. Tasarlanan Soğurucunun Boyut Parametreleri

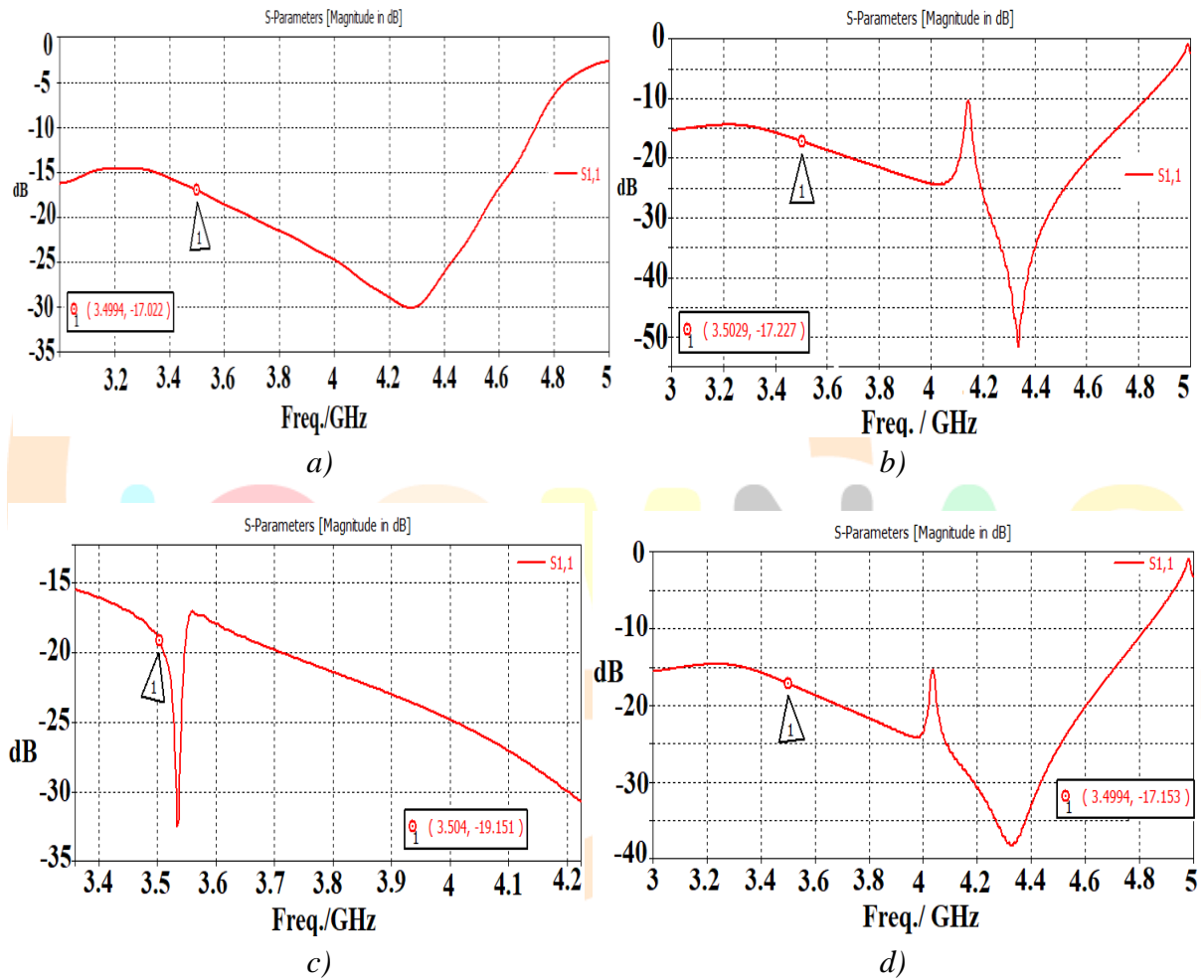
Tablo 1. Parametre Boyut Değerleri

Parametre	Boyut (mm)	Parametre	Boyut (mm)
h	1	a	15
ws	30	b	2.5
ls	30	a1	2.5
w	20	g1	2.5
l	20	g2	5

2.2. Alttaş Malzeme seçimi

Bilindiği üzere, mikroşerit FSY soğurucu malzemelerde kullanılan alttaşın dielektrik katsayısı, yapıdaki saçılma parametrelerini etkilemektedir. Bu durum, söz konusu yapının soğurma performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bundan dolayı bu çalışmamızda alttaş malzemenin elektriksel özelliklerinin soğurmaya etkisini gözlemlemek için dört farklı

dielektrik altaş malzemesi kullandık. Tasarlanan yapının altaş malzeme seçimi CST STUDIO programında “**material library**” sekmesi yardımıyla dielektrik katsayıları (ϵ) birbirinden en az 1 birim farklı olacak şekilde seçildi. Bunlar sırasıyla FR-4 ($\epsilon=4.3$), Mica ($\epsilon=6$), Rogers RO3003($\epsilon=3$), Taconic TLY-5 ($\epsilon=2.2$). Bu çalışmalar sonucunda optimum altaşa karar verirken hem soğurma performansı ve hem de maliyet ve bulunurluk durumuna göre nihai seçimi yaptık. Dört farklı dielektrik malzemenin her biri ayrı ayrı olarak bir önceki bölümde belirli boyut ve konfigürasyonda tasarlanan yamaya CST STUDIO simülasyon programı aracılığıyla uygulanmasıyla elde edilen S11 grafikleri şekil 3 de görülmektedir. Her birinin geri dönüş kaybı 3.56 GHz frekansında arzu edilen sınır değeri olan -10 dB'nin altında olduğu gözlenebilir. Şekil 3 a, b, c ve d den görüleceği üzere optimum performans, $\epsilon=3$ dielektrik katsayısına sahip olan Rogers RO3003 malzemesinin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Bu koşullarda, geri dönüş kaybı, 3.5 GHz frekansında -19.15 dB değerindedir.



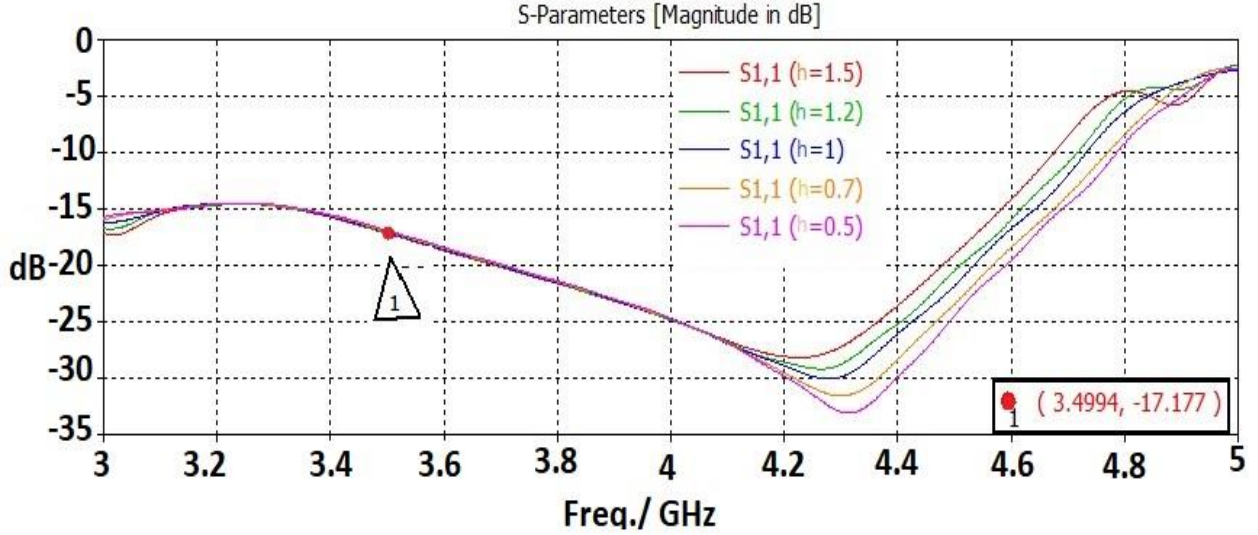
Şekil 3. Farklı altaş kullanılarak elde edilen S11 grafikleri

FR4 ($\epsilon=4.3$) b) Mica ($\epsilon=6.0$) c) Rogers RO3003 ($\epsilon=3.0$) d) Taconic TLY-5 ($\epsilon=2.2$)

2.3. Altaş Kalınlık seçimi

Altaş kalınlığının soğurmaya etkisini belirlemek için CST STUDIO simülasyon programı yardımıyla FR-4 ile ölçümlerimize devam edip altaş için 5 farklı kalınlık değeri girilerek ayrı ayrı simülasyonlar yapıldı. Altaş kalınlığı ilk olarak 1 mm alınmıştı. Bir önceki bölümde alınan

1 mm kalınlık değeri dahil olmak üzere sırasıyla 0.5 mm, 0.7 mm, 1.2 mm ve 1.5 mm olmak üzere beş farklı değeri alınarak ayrı ayrı simülasyonlar yapıldı. Elde edilen sonuç grafiği Şekil 4'de verildi. Grafiklerden görüleceği gibi alttaş kalınlığı düşüktüğü S11 yani geri dönüş kaybı azalmakta ve dolayısıyla soğurma değeri artmaktadır.



Şekil 4. Alttaş kalınlığına bağlı olarak S11 değeri değişim grafiği

3. SONUÇ

Bu çalışma ile, 5G uygulamaları için belirlenen 3.5 GHz merkez frekansında kullanılacak Frekans Seçici Yüzey birim hücre tasarım parametreleri üzerine odaklanarak simülasyon tabanlı bir araştırma sunulmuştur. Bu parametreler birim hücrenin şekli, dielektrik alttaş malzemenin türü ve dielektrik alttaşın kalınlığıdır. FR4, Mica, Rogers RO3003 ve Taconic TLY-5 dielektrik malzemeleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, 3.5 GHz merkez frekansında elde edilen S11 geri dönüş kaybı, her biri için belirlenen sınır değeri olan -10 dB'nin altında elde edilmiştir. Minimum geri dönüş kaybı ise -19.15 dB olarak Rogers RO3003 ile elde edilmiştir. Ayrıca, alttaş kalınlığı (h) değişiminin soğurmaya etkisi incelenmiş, h kalınlığının artmasının soğurmaya olumsuz etki yaptığı sonucuna varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Belen, M. A., & Mahouti, P. (2019). 2.4 GHz Akıllı Haberleşme Sistemleri İçin Sarmal Şekilli Frekans Seçici Yüzey Tasarımı. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 381-385.
- Duman, M. (2019). Frekans Seçici Yüzey Analizi Yöntemiyle Gerçekleştirilmiş 1.35 GHz Frekanslı Bant Durduran Süzgeç Tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(3), 807-813.
- Hotami, K. (2018). X-bantta çalışan bantdurduran frekans seçici yüzey kullanarak ultra geniş bant mikroşerit antenlerde kısmi kazanç arttırımı (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kasar, Ö., Geçin, M., & Gözel, M. A. (2018). Açısal Olarak Değiştirilebilir Dikdörtgen Yamalı Frekans Seçici Yüzeylerle, Ayarlanabilir Bant Geçiren Filtre Tasarımı. *El-Cezeri*, 5(3), 756-762.
- Kocakaya, A., Çakır, G., & Çimen, S. (2019). Açık ve polarizasyondan bağımsız ultra geniş bantlı frekans seçici yüzey tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 287-296.
- Teşneli, A. Y., Teşneli, N. B., Nişancı, M. H., & Angun, M. (2019). 3D Sekizgen Frekans Seçici Yüzey Tasarımı ve Analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(2), 255-264.

ICOMNAS

Robot Yönetimi ve İzlenmesine Yönelik Web Uygulama

Esra TÜRKAN¹

Sırma YAVUZ²

Abstract

With the development of technology, the usage areas of robots are increasing. Robots are used in many areas such as education, industry, defense and health. The increase in usage areas and the need for systems containing multiple robot have paved the way for new solutions in the management of robots. Needs such as remote management of robots and monitoring of robot systems from a single point are very important for operations involving more than one robot. For this reason, different solutions such as web application and mobile application have been put forward. In this study, it is aimed to manage and monitor robots with ROS operating system through a web application. The application developed in the study consists of a web user interface, REST API and database layer. The web user interface was developed using Reactjs and the REST API was developed using the Java programming language. The application developed in the study supports multiple robots and does not require ROS installation. Postgresql database was used to store data such as robot information, map information and task contents. Communication between the application and robots is done via Rosbridge using the WebSocket protocol. Operations such as creating a task, sending a target location, sending a message, configuration settings and map updating can be done through the application. The application provides operational needs such as tracking the location of the robots on the map, charging percentage and monitoring some parameters. In addition, the created tasks are controlled by the developed service and the system is constantly updated. Thus, robot task statuses can be monitored via the application. The application was tested with Turtlebot3 robots in a simulation environment. It has been observed in the tests that the operations can be carried out successfully.

Keywords: ROS, robot controlling, robot monitoring, web application, task management

¹ Master Student, Yıldız Technical University, Department of Computer Engineering, Orcid: 0009-0002-1677-6463

² Prof. Dr., Yıldız Technical University, Department of Computer Engineering, Orcid: 0000-0001-8029-6689

GİRİŞ

Son yıllarda robotların gelişmesi ve birçok sektörde kullanılmaya başlanması ile robot yönetimi ve sistemlerinin izlenmesi gibi ihtiyaçlar doğmuştur. Robotlar eğitim, sanayi, savunma, sağlık ve hizmet sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle birden fazla robot içeren sistemlerde yönetim yazılımları kritik bir noktadır. Fabrikalar, havalimanları, hastaneler, alışveriş merkezleri gibi birden fazla robot kullanılabilen ortamlarda robot yönetim arayüzü ihtiyacı bulunmaktadır. Yönetim arayüzünün internet üzerinden erişilebilmesi, kuruluma ihtiyaç duyulmadan birden fazla kullanıcı tarafından kullanılabilmesi gibi etmenler önemlidir. Literatürde bu ihtiyaçlara yönelik yapılmış çalışmalar mevcuttur. Evde kullanılması hedeflenen bir servis robotunu kontrol etmek için web arayüz geliştirilen çalışmada (Chikurtev, 2019:186-191) sunulan sistem üç parçadan oluşmaktadır: ROS süreçleri, bir web sunucusu, web kullanıcı arayüzü. Web arayüzle robot arasındaki veri iletişimi Rosbridge kullanılarak WebSocket üzerinden yapılmıştır. Web arayüzü Python Django kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma sonunda ağ üzerinden hangi trafiğin geçtiği, arayüz kullanılırken gecikme ve kesinti olup olmadığı, arayüz ve ROS düğümleri arasındaki iletişimin başarılı olup olmadığı gözlemlenmiştir.

HiBot adı verilen uzaktan robot kontrol ve izleme yazılımının geliştirildiği çalışmada (Yan vd., 2017: 221-226) geliştirilen çerçeve birden fazla robotu desteklemektedir. Görev tanımlama, robotlara görev yükleme, uzaktan kumanda ve izleme gibi işlemler yapılmaktadır. İletişim protokolü olarak server ve client arasında MQTT protokolü kullanılmıştır. Web sunucusu, Jersey çerçevesini kullanmaktadır.

Drone ile yapılan bir diğer çalışmada (Koubaa, 2019: 46-62) Drone Map Planner isimli bulut tabanlı bir yönetim sistemi önerilmiştir. Drone Map Planner drone ile internet üzerinden kesintisiz iletişime izin vererek, mesafe kısıtlaması olmaksızın kontrol sağlar. İki farklı iletişim protokolü kullanılmıştır; insansız hava araçları tarafından desteklenen MAVLink protokolü ve ROSLink protokolü. Çalışma sonunda drone ile deney yapılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Bu çalışmada ROS kurulumuna ihtiyaç duyulmadan web uygulaması üzerinden ROS robotların izlenmesi ve yönetimi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Uygulama kullanıcı web arayüzü, REST API ve veri tabanından oluşmaktadır. Kullanıcı arayüzü Reactjs, REST API Java programlama diliyle geliştirilmiştir. Veri tabanı katmanında Postgresql veri tabanı kullanılmıştır. Robotlar ile Rosbridge kullanılarak WebSocket bağlantı ile haberleşirler. Aynı zamanda bazı işlemler için robotlarla SSH (Secure Shell) bağlantı kurulur.

Rosbridge ve WebSocket

Rosbridge (Ros.org rosbridge), ROS ve ROS olmayan sistemler arasında iletişim kurmak için bir arabirim sağlar. Rosbridge iletişim kurarken JSON (JavaScript Object Notation) formatını kullanır. Programlama dili ve aktarımdan bağımsız olarak JSON veri gönderebilen herhangi bir dil veya aktarım Rosbridge üzerinden ROS sistemlerle etkileşim kurabilmektedir. Bu nedenle ROS olmayan sistemler ve robotlar arasındaki iletişim için Rosbridge oldukça kullanışlıdır. Rosbridge üzerinden ROS konularına abone olunabilir ya da ROS konuları yayınlanabilir. Bunlara ek olarak Rosbridge üzerinden servis çağırılabilir ve parametre

atamaları yapılabilir. Bu çalışmada uygulama ve robotlar arasındaki iletişim WebSocket protokolü kullanılarak Rosbridge üzerinden yapılmaktadır.

Veri Tabanı

Çalışmada Postgresql veri tabanı kullanılmıştır. Postgresql karmaşık veri iş yüklerini güvenli bir şekilde depolayıp ölçeklendiren açık kaynak kodlu ilişkisel bir veri tabanı sistemidir. SQL dilini kullanır. Postgresql'in başlangıcı 1986 yılında Berkeley'deki California Üniversitesi'ndeki POSTGRES projesi çalışmalarına dayanmaktadır. 2001 yılından itibaren ACID uyumludur. (Postgresql.org)

Robot İşletim Sistemi (ROS)

ROS (Ros.org) robotik uygulamaları geliştirmeye yarayan yazılım kitaplığı ve araçlardan oluşan açık kaynak bir meta işletim sistemidir. Bu çalışmada ROS Melodic sürümü kullanılmıştır.

Turtlebot

Turtlebot (Turtlebot.com) ROS tabanlı maliyeti düşük, eğitim, araştırma ve ürün prototipleme için kullanılabilen programlanabilir bir robottur. Çalışmanın simülasyon ortamında Turtlebot3 robotunun Waffle modeli kullanılmıştır.

Rviz ve Gazebo

Robot simülasyonunda oldukça tercih edilen simülasyon aracı Gazebo 2002 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. (Gazebosim) Üç boyutlu robot modelleri, çevre elemanları ve sensörler sağlayan Gazebo grafiksel arayüzüyle kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Çalışmada üç boyutlu görselleştirme aracı olarak Rviz kullanılmıştır. Simülasyon dünyası olarak Turtlebot World adındaki ortam kullanılmıştır. (Turtlebot3 Github)

Lokalizasyon

Çalışmada Adaptive Monte Carlo Localization kullanılmıştır. Bu lokalizasyon yönteminde parçacık filtresi kullanılarak iki boyutlu ortamda robotun gerçek zamanlı konumu ve yönelimi tahmin edilir. Olasılıksal bir yöntemdir. (Ros.org amcl)

Move Base

Move base (Ros.org move_base) paketi robota bir hedef verildiğinde hedefe ulaşmak için gereken eylemin uygulanmasını sağlayan bir navigasyon çerçevesidir. Bu çalışmada robotlara hedef gönderilmesi ve işletilmesi için move base çerçevesi kullanılmıştır.

Yetkinlikler

Çalışmada geliştirilen uygulama aşağıdaki yetkinliklere sahiptir:

- Gerçek zamanlı harita ve robot konumunun izlenmesi
- Robota mesaj gönderilmesi
- Robot haritalarının düzenlenmesi
- Yapılandırma dosyalarının arayüzden güncellenmesi
- Launch dosyalarının arayüzden güncellenmesi
- Launch dosyalarının arayüzden çalıştırılıp durdurulabilmesi
- Hedef nokta ve görev oluşturularak robota gönderilmesi. Görevlerin ve hedeflerin arayüzden yönetilmesi, izlenmesi

Robota Mesaj Gönderilmesi

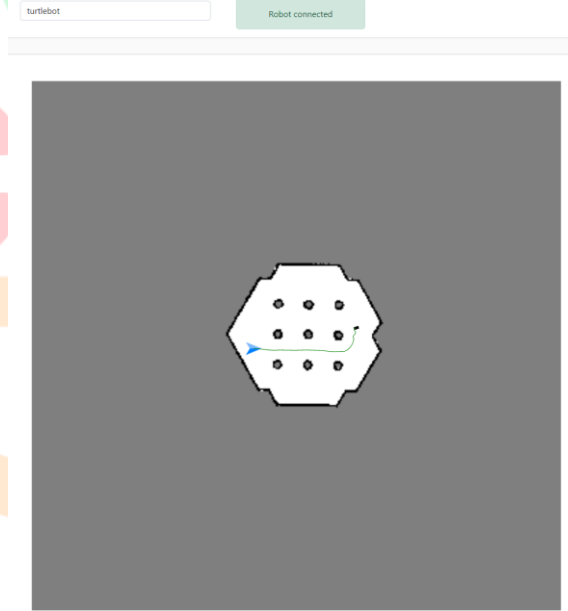
Robotlara bazı ihtiyaçlar için mesaj gönderilmesi gerekebilmektedir. Bu nedenle ROS konuları kullanılmaktadır. Çalışmada geliştirilen uygulama üzerinden robotlara konu (topic) mesajları gönderilebilmektedir. Bu mesajlar gönderilirken Rosbridge ile WebSocket bağlantısı kurulur. ROS konuları (topic), ROS düğümlerinin mesaj alışverişi yaptığı veri yollarıdır. Konular tek yönlü ve akışlı iletişim için tasarlanmıştır. Çalışmada geliştirilen uygulamada robot seçimi yapılarak konu (topic) mesajı yayınlanabilmektedir. Bu mesajlar standart ROS mesajları olabileceği gibi özel tanımlanmış mesajlar da olabilmektedir.

Yapılandırma Dosyaları ve Parametreler

Robot yapılandırma dosyaları robotun çalışması için belli ayarları ve parametreleri içeren dosyalardır. XML ve YAML formatında yapılandırma dosyaları mevcuttur. Robot yapılandırma dosyaları ve parametreler arayüz üzerinden düzenlenebilmektedir.

Gerçek Zamanlı Konum ve Harita İzlenmesi

Gerçek zamanlı robot konumunun ve haritanın takip edilebilmesi robot yönetiminde önemli bir ihtiyaçtır. Bu çalışmada robot konumu “odom” konu (topic) verisi, robot haritası “map” konu (topic) verisi kullanılarak robottan alınmaktadır. Alınan harita NAV2D.js ve ROS2D.js kütüphaneleri kullanılarak web arayüzde görselleştirilmektedir. Geliştirilen uygulamaya ait ekran görüntüsü Şekil 1’de robottan alınan harita verisi ve harita üzerinde robotun konumu gösterilmiştir. Robot konumu değiştiğinde robottan gelen güncel bilgiye göre uygulama üzerinde de konum güncellenmektedir. Ayrıca robot haritaları arayüzden düzenlenebilmektedir.



Şekil 1. Robot Konumu ve Harita

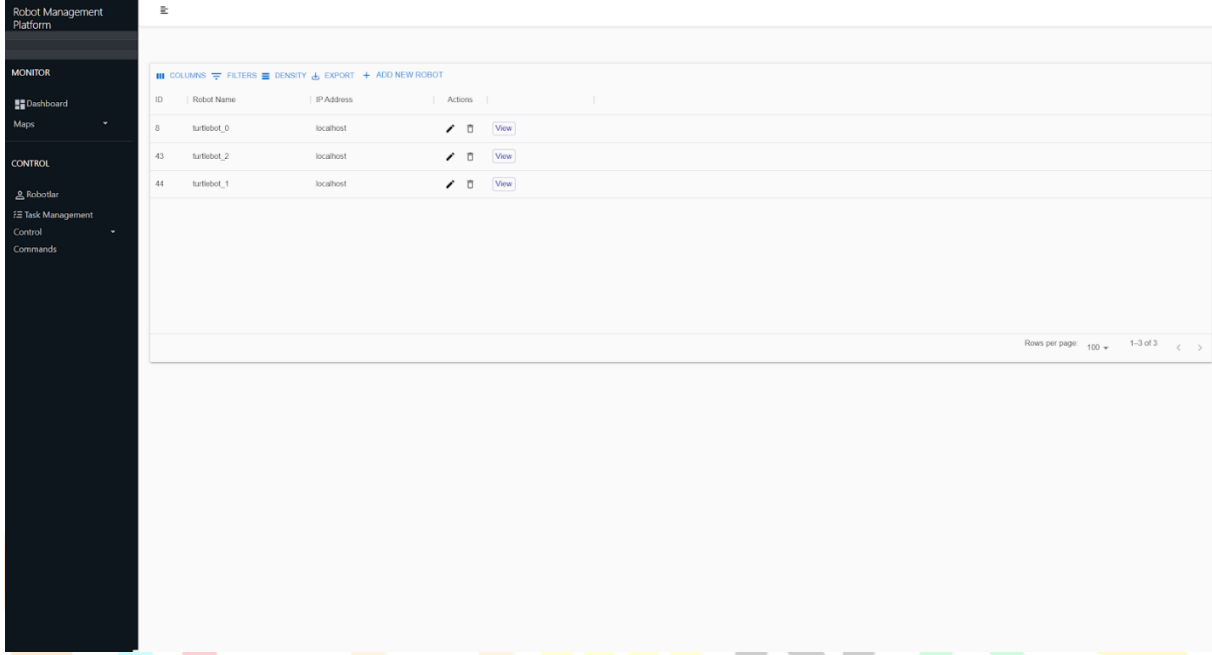
Launch Dosyaları

Launch (başlatma) dosyaları ROS düğümleri başlatmak için kullanılan XML formattaki dosyalardır. Roslaunch komutu ile başlatılır. Yapılan çalışmada launch dosyaları arayüz

üzerinden yönetilebilmektedir. Launch dosyalarının çalıştırılması ve durdurulması için robot ve web servis arasında SSH (Secure Shell) bağlantı sağlanması gerekmektedir.

Görev Yönetimi

Arayüzden hedef nokta ve robot seçilerek görevler tanımlanabilmektedir. Bu görevler bir adımdan oluşabileceği gibi birden fazla adımdan da oluşabilmektedir. Görevler arayüzden başlatıldığında arka planda sistem tarafından kontrol edilerek görev durumu arayüzde gösterilmektedir. Adımlar arasındaki geçiş web servis tarafından izlenerek sağlanmaktadır. Kullanıcının bir sonraki adıma geçmesi için bir işlem yapmasına gerek yoktur.



ID	Robot Name	IP Address	Actions
8	turtlebot_0	localhost	View
43	turtlebot_2	localhost	View
44	turtlebot_1	localhost	View

Şekil 2. Uygulama Ekran Görüntüsü

SONUÇLAR

Bu çalışmada robot gruplarının tek bir arayüz üzerinden yönetilebilmesi ve operasyonel bazı ihtiyaçların karşılanması amaçlanmıştır. Sonuçlar simülasyon ortamında incelenmiştir. Çalışmada üç adet Turtlebot3 ile testler yapılmıştır. Simülasyon ortamında yapılan testlerde uygulamanın işlemleri başarıyla yapabildiği gözlemlenmiştir. Yapılan testlerde robot konum takibi, harita takibi, harita düzenleme, launch dosyalarının yönetimi, yapılandırma dosyalarının yönetimi, robota mesaj gönderilmesi ve görev yönetimi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, ROS kurulumu gerekmeden tek bir noktadan birden fazla robot yönetiminin yapılabilmesi kullanım kolaylığı sağlamaktadır.



KAYNAKÇA

- CHIKURTEV, D., (2019). Communication system for remote control of service robots. IFAC-PapersOnLine, 52.25: 186-191.
- YAN, B., (2017). HiBot: A generic ROS-based robot-remote-control framework. In: 2017 2nd Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems (ACIRS). IEEE: 221-226.
- KOUBAA, A., (2019). Dronemap Planner: A service-oriented cloud-based management system for the Internet-of-Drones. Ad Hoc Networks, 86: 46-62.
- Ros.org, Erişim Tarihi: 01.10.2023, <http://wiki.ros.org/>
- Ros.org move_base, Erişim Tarihi: 01.10.2023, http://wiki.ros.org/move_base
- Ros.org amcl, Erişim Tarihi: 01.10.2023, <http://wiki.ros.org/amcl>
- Ros.org rosbridge, Erişim Tarihi: 01.10.2023, <http://wiki.ros.org/rosbridge>
- Gazebosim, Erişim Tarihi: 01.10.2023, <https://gazebosim.org/home>
- Postgresql.org, Erişim Tarihi: 01.10.2023, <https://www.postgresql.org/>
- Turtlebot.com, Erişim Tarihi: 01.06.2023, <https://www.turtlebot.com/>
- Turtlebot3 Github, Erişim Tarihi: 01.06.2023, <https://github.com/ROBOTIS-GIT/turtlebot3>
- Ros.org Nav2djs, Erişim Tarihi: 01.06.2023, <http://wiki.ros.org/nav2djs>
- Ros.org Ros2djs, Erişim Tarihi: 01.06.2023, <http://wiki.ros.org/ros2djs>

ICOMNAS

Akrillenmiş Selüloz Asetat Bütireattan Akrilik Esaslı Antimikrobiyal Nanofiber Membranların Geliştirilmesi

Fadime ÇAKMAK KAYA¹

Hatice BİRTANE²

Memet Vezir KAHRAMAN³

Özet

En son yaşanan Covid-19 pandemisi ile önemi daha da artan antimikrobiyal nanofiber membranlar konusunda yapılan akademik çalışmalar artmıştır. Bu çalışmada; UV lamba ile elektroçekim üretim yöntemi kullanılarak akrillenmiş selüloz asetat bütirattan antimikrobiyal nanolif membranlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen membranların özellikleri SEM-Taramalı Elektron Mikroskobu, FTIR, H-NMR gibi çeşitli yöntemler ile test edilip incelenecektir.

Bu çalışmanın amacı, akrilleştirilmiş selüloz asetat bütirattan UV lamba ile elektroçekim üretim yöntemi ile antimikrobiyal özellikte nanolif membran geliştirilmesidir. Akrillenmiş selüloz asetat bütirat nanolif membran, UV lamba ile elektroçekim yöntemi ile üretilmiş olup, antimikrobiyal özelliği; çözülmüş 1-Bromodekan ile 2-Dimetilmetakrilat iyonik çözeltisinden elde edilen akrillenmiş kuarterner amonyum tuzu ile sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Selüloz Asetat Bütirat, Elektrospinning, UV Lamba, Antimikrobiyal, Nanofiber

¹ Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi, Polimer Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Orcid: 0000-0003-3231-0495, fadimecakmak09@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi, Kimya, Orcid: 0000-0001-5558-1525, hatice.ceylan@marmara.edu.tr

³ Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, Kimya, Orcid: 0000-0003-1043-6476, mvezir@marmara.edu.tr

GİRİŞ

Son zamanlarda nanolifler, elektrosinning yöntemi ve bu yöntemle membran üretimi oldukça popüler hale gelmiş ve bu konuda birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların sonuçları bilimsel makaleler şeklinde yayınlanmıştır. Özellikle Covid-19 pandemisi ile birlikte önemi daha da artan antimikrobiyal nanolif membranlara olan ilgi de oldukça artmıştır.

Biyopolimerler; kabuklu canlılar, mantarlar ve odun gibi doğal malzemelerin doğrudan kendilerinden, canlı yapıların metabolizmalarının ara ya da ana ürünlerinin yapay olarak polimerizasyonundan veya canlı organizmaların direkt polimerize olarak istihsalı neticesinde erişilebilen çok önemli bir polimer sınıfıdır. (Çaydamlı, 2012:2-5; Schiffman ve Schauer, 2008:317-352)

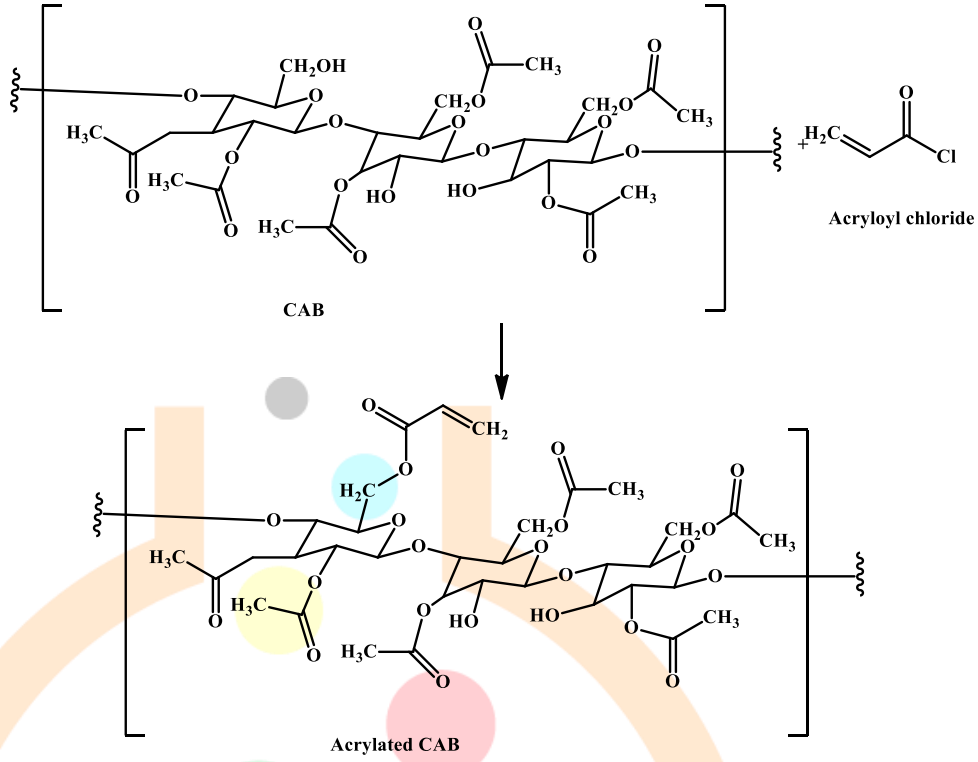
Biyopolimerler arasında en çok bulunan ve eldesi kolay olan polisakkarit; selülozdur. Selülozun esterifikasyon reaksiyonu ilk olarak 1865'te Paul Schützenberger tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda oluşan selüloz triasetatın kısmi hidrolizi ise 1905'te Miles tarafından alınan patent ile dünyaya duyurulmuştur. Aynı yıl, Camille ve Henry Dreyfus kardeşler ise bu sistemi ticari hale getirmişlerdir. (Cook, 1993; Woodings ve Hearle, 2001; Lewin, 2007'den aktaran: Çaydamlı, 2012:10)

Selülozun işlenmiş şekle getirilmesi, birçok farklı kimyasal karışımın tepkimesi sonucu ester ve eterlerinin oluşumu ile gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle, ham haldeki selülozun değişimi, kullanılacağı yere göre gerekli özelliklere sahip bir halde, farklı birçok fonksiyonel grubun eklenmesi ile mümkündür. Selülozun yapısındaki hidroksil grupları birçok modifikasyon işlemine imkân vermektedir. Oluşturulan bu selülozik yapılar endüstriyel olarak pek çok alanda (gıda katkı maddeleri, membranlar, tekstil sanayi, çeşitli kaplamalar vb.) uygulanma şansına sahiptir. Ticari selüloz esterlerine örnek olarak selüloz asetat (CA), selüloz asetat propiyonat (CAP), karboksimetil selüloz asetat bütirat (CMCAB), ve selüloz asetat bütirat (CAB) verilebilir. CA'ın yüksek dayanıklılık ve alev alma mukavemeti gibi üstün fiziksel özelliklerinin yanında, düşük su dayanımı ve en genel solventlerde dahi düşük çözünürlük göstermesi kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle CA'ın modifikasyonu ile birçok farklı selüloz türevi (CMCAB, CAB vb.) geliştirilmiştir. (Cao ve Zhang, 2011:7808-7814'den aktaran: Dehmen, 2018:1-3) Selüloz Asetat Bütirat (CAB), hem asetat hem bütirat gruplarını barındıran karışık bir selüloz esteridir.

YÖNTEM

Akrillenmiş CAB Sentezi

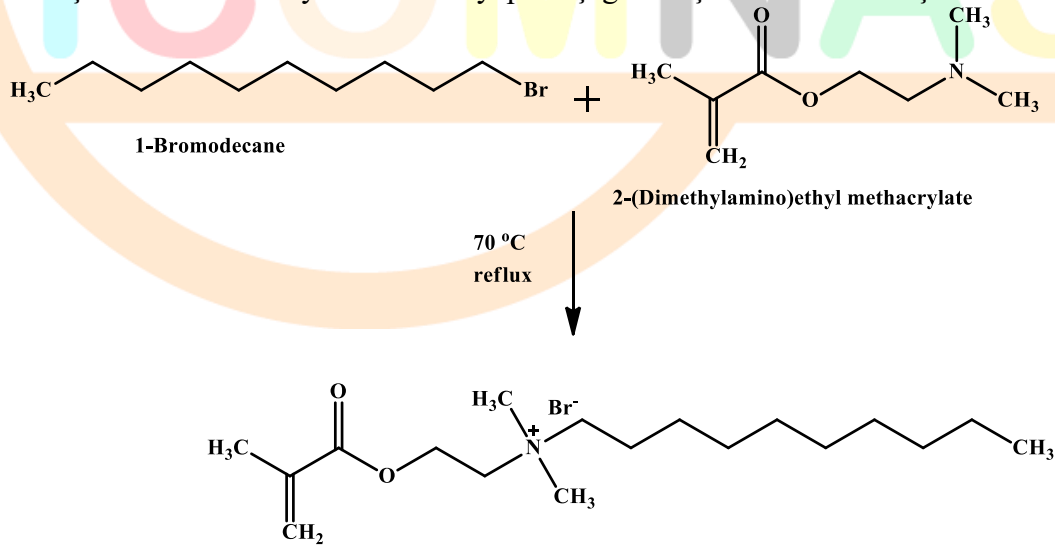
5 g CAB, 50 mL kuru 2-butanon (MEK) içinde çözelti homojen hale gelinceye kadar eritilmiş ve daha sonra çözelti 3 boyunlu, dibi yuvarlak 250 ml bir reaksiyon balonuna alınmıştır. Azot girişi, geri akış ve damlatma hunisi içeren sistem, içindeki nem ortamdan tamamen uzaklaştırılıncaya kadar alevle kurutulmuştur. Ortama dibütil kalay dilaurat (DBTDL) (ağırlıkça %0.1) (katalizör olarak) ilave edilmiştir ve sistem 50°C'ye ısıtılmıştır. (Bayramoğlu, Kayahan-Apohan ve ark.,2010:761-775'den aktaran: Beyler Çiğil, Aydın Urucu ve ark.,2021:6442). Akrillenmiş CAB'ın yapısı aşağıdaki Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1- Akrillenmiş CAB sentezi

Kuarternier Amonyum Tuzunun Sentezi

10 mmol 2-(dimetilamino) etil metakrilat (DMAEMA), 10 mmol 1-Bromododekan ve 3 g Etanol, kapağı kapatılmış bir vialle ilave edilmiştir ve 70 C'de 24 saat karıştırılmıştır. Reaksiyon tamamlandıktan sonra etanol buharlaştırılarak uzaklaştırılmıştır. (Zhou, Weir ve ark., 2014:78). Akrillenmiş kuarternier amonyum tuzunun yapısı aşağıdaki Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2- Kuarternier amonyum tuzu sentezi

PVA Çözeltisinin Hazırlanması

PVA polimerini çözecek en iyi çözücüyü belirlemek için bazı deneyler yapılmıştır. PVA polimerinin çözücüsünü belirlemek için yapılan deneylerde, çözücü olarak DMF, aseton, kloroform ve saf su kullanılmıştır. DMF, aseton ve kloroform PVA'yı homojen bir şekilde çözmezken saf suyun PVA'yı homojen olarak çözdüğü belirlenmiştir. Sonuç olarak, PVA'nın solventinin saf su olduğu belirlenmiş ve deneylerin bir kısmı saf su ile %8'lik PVA karışımdan oluşan çözelti ile denenmiştir.

Formülasyonların Elektrosinning Yöntemi ile Hazırlanması

Tablo 1'de gösterilen miktarlarda malzemelerden alınarak karışım hazırlanmış ve bu karışımlardan alınarak elektrosinning yöntemi ile kaplama formülasyonları hazırlanmıştır.

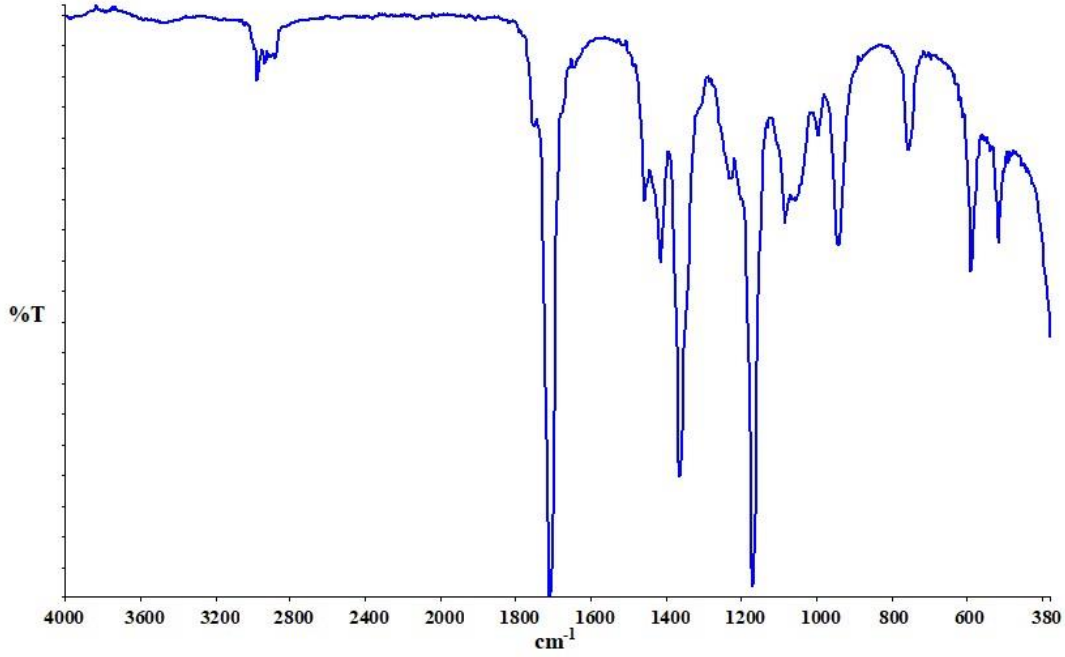
Tablo 1 – Formülasyon Tablosu

Formülasyon	A-CAB (g)	Kuarterner Amonyum Tuzu (g)	PVA	Foto başlatıcı
F0	5,31	—	—	0,03
F1	5,31	0,4	—	0,03
F2	0,04	0,4	—	0,03
F3	0,04	0,4	—	0,03
F4	—	—	1,8	0,03
F5	2	—	2	0,03
F6	1,6	—	2,4	0,03
F7	0,8	—	3,2	0,03
F8	0,4	0,4	3,6	0,03

SONUÇ ve TARTIŞMA

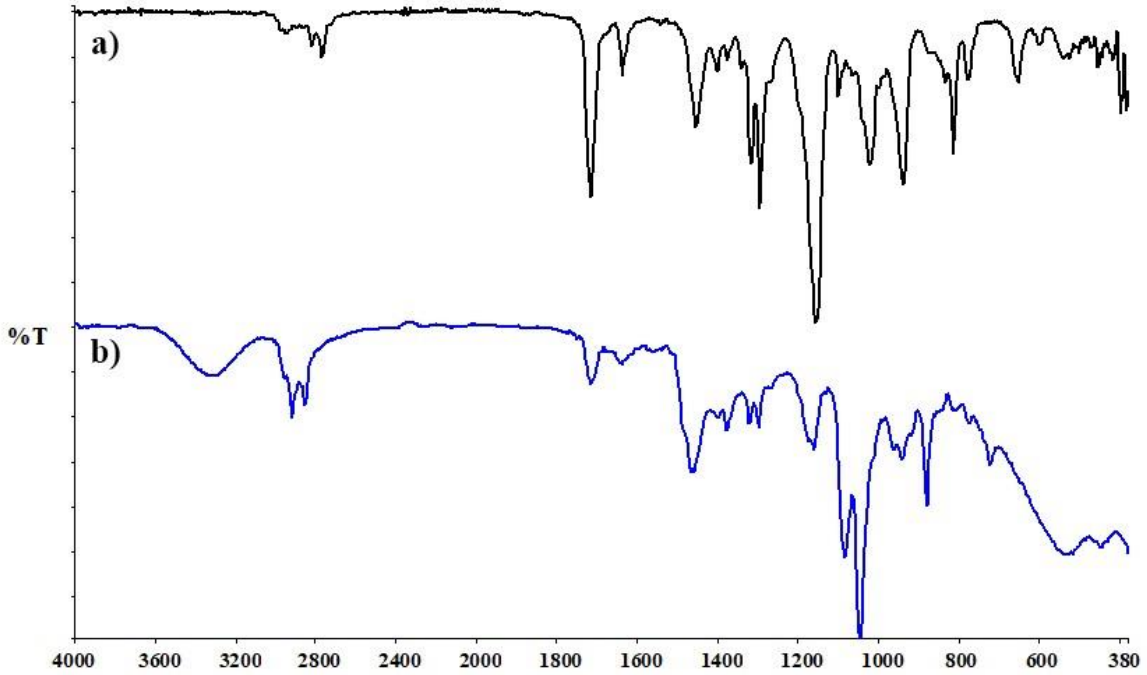
FTIR

Şekil 3'te akrillenmiş CAB'ın FTIR spektrumu görülmektedir. Şekil 3'deki A-CAB'ın FTIR spektrumu incelendiğinde, 2884 cm⁻¹ görülen titreşim pikleri selüloz asetat bütirat içindeki bütirile aittir. Yaklaşık 1749 cm⁻¹'deki pik, selüloz asetat bütirattaki ester karbonil gruplarının (C=O) gerilme titreşimlerini temsil etmektedir. 1086, 1230 ve 1364 cm⁻¹ 'deki absorpsiyon pikleri C-O ve C-O-C gruplarından kaynaklanan titreşim bandlarıdır. Ayrıca, karakteristik C=C çift bağ titreşimleri 1635 ve 758 cm⁻¹'de oluşmuştur ki bu da sentez reaksiyonun tamamlandığını ve yüzeyin akrilat grubu ile modifiye edildiğini göstermektedir. (Beyler Çiğil, Aydın Urucu ve ark.,2021: 6439–6448)



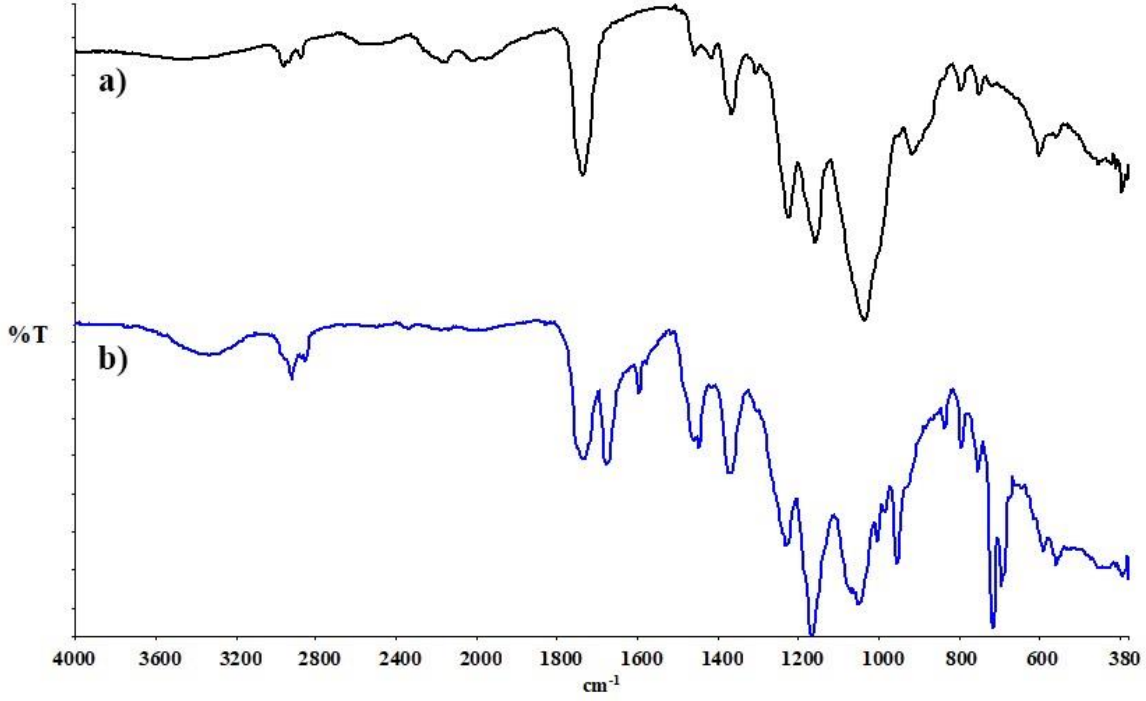
Şekil 3- A-CAB'ın FTIR spektrumu

Şekil 4'te DMAEMA ve sentezlenen kuarterner amonyum tuzuna ait FTIR spektrumları görülmektedir. Şekil 4 incelendiğinde 2921 cm^{-1} ve 2854 cm^{-1} 'de $-\text{CH}_3$ ve $-\text{CH}_2$ gruplarından kaynaklanan pikler görülmektedir. 1083 cm^{-1} ve 720 cm^{-1} 'de görülen pikler asimetric ve simetric N^+-C gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu pikler sentezin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. (Migahed, Shaban ve ark., 2015: 104480–104492)



Şekil 4- a) DMAEMA b) Kuarterner amonyum tuzu'nun FTIR spektrumları

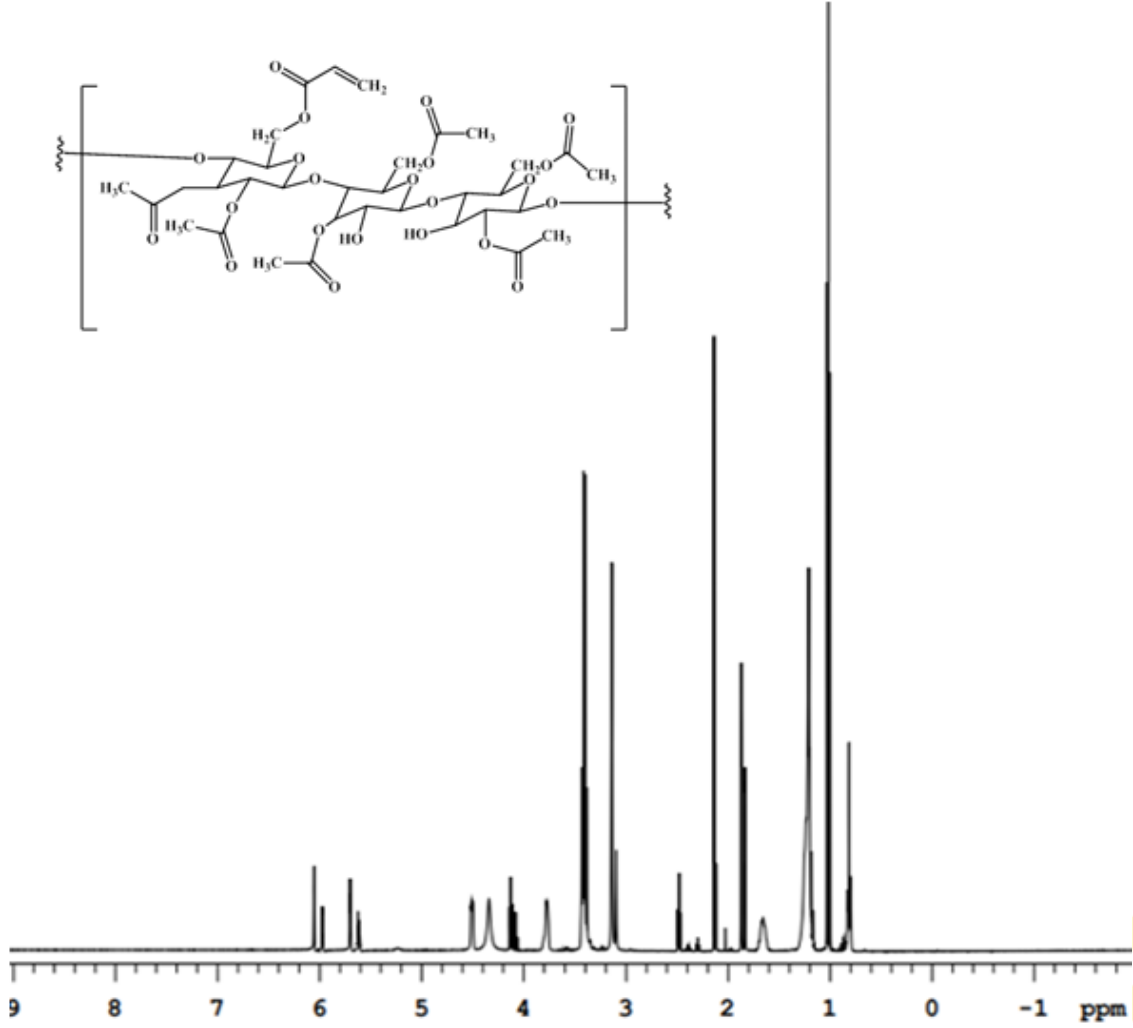
Şekil 5'te F0 ve F1 formülasyonlarının FTIR spektrumları görülmektedir. Spektrum incelendiğinde formülasyon içerisinde sentezlenen kuarterner amonyum tuzu bulunan formülasyonun FTIR piklerinin biraz kayma gözlemlenmiştir ki bu beklenen bir durumdur.



Şekil 5- a) F0 b) F1 formülasyonlarının FTIR spektrumları

¹H-NMR

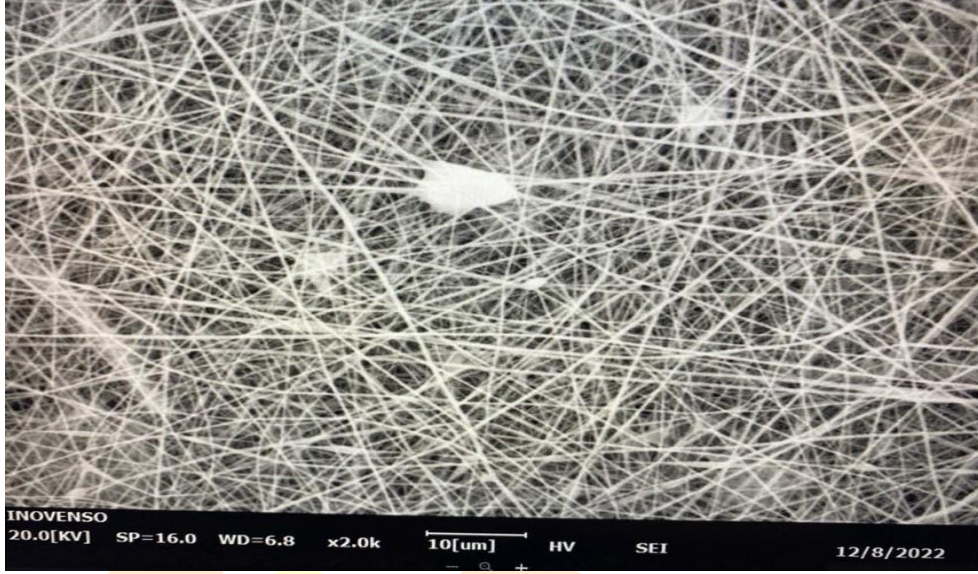
A-CAB'a ilişkin karakteristik pikler Şekil 6'daki ¹H-NMR spektrumunda saptanmıştır. 0,8–1,1 ppm bütiril grubunun metil protonlarına, 1,9-2,2 ppm asetil grubunun metil protonlarına, 1,5–1,7 ppm ve 2,2–2,5 ppm aralığındaki pikler bütiril grubunun metil protonlarını işaret eder. 3,1-4,5 ppm anhidroglukoz birimlerindeki rezonans protonlarından kaynaklanmaktadır. 5,5-6,1 ppmde görülen pikler –CH₂=CH- grubunun protonlarına aittir. Aynı zamanda bu pikler yapılan sentezin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 6- A-CAB'a ait ¹H-NMR spektrumu

SEM

Hazırlanan formülasyonlar için SEM analizi yapılmıştır. Şekil 7'deki SEM görüntülerinden de görüldüğü gibi hazırlanan formülasyonlardan electrospinning yöntemi ile fiber yapılar elde edilmiştir.



Şekil 7- F8 formülasyonuna ait kaplamanın SEM görüntüsü

Antimikrobiyal Özellikleri

Hazırlanan formülasyonların antimikrobiyal özellikleri Gram-pozitif patojen bakteriler ve *E. coli*, Gram-negatif patojen bakteriler *S. aureus*'a karşı araştırılmıştır. Örneklerin inhibisyon zon çapları Tablo 2'de gösterilmiştir. Kontrol numuneleri için hazırlanan petri kaplarında *S. aureus* ve *E. coli*'nin petri kabının tüm bölgelerinde homojen olarak ürediği gözlenmiştir. Hazırlanan tüm fiberlerin *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı inhibitör etkiye sahip olduğu görülmüştür. Fiberlerin antimikrobiyal özellik göstermesinin nedeni vardır. Bunun nedeni, sentezlenen kuarternler amonyum tuzundaki katyonik gruplarıdır. Sentezlenen kuarternler amonyum tuzundaki pozitif yüklü amin, hücre zarındaki negatif yüklerle etkileşime girerek hücre yapışmasını iyileştirebilir ve bu da hücre içi bileşenlerin azalmasına yol açar. Bu da mikroorganizmaların büyümesini engeller ve yapı antimikrobiyal özellik kazanır. (Birtane, Şen, Bozdağ ve ark., 2021: 3577–3588) Fiberlerin yapısında bulunan kuarternler amonyum tuzu miktarını çok fazla artıramadığımız için inhibisyon bölgeleri arasında önemli bir fark yoktur.

Tablo 2 - Hazırlanan fiberlerin *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı antimikrobiyal aktiviteleri (santimetre cinsinden inhibisyon zon çapı)

Örnek	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
F0	—	—
F1	0,6	0,4
F2	0,8	0,5
F3	0,7	0,4
F4	0,6	0,8
F5	0,9	0,7
F6	0,7	0,8
F7	0,6	0,9
F8	0,8	0,6



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

Bu çalışma, antimikrobiyal özellikler gösteren fiberleri geliştirmeyi amaçlamıştır. Öncelikle CAB akrilik asit ile akrilatlanmıştır. Sonrasında 2-(dimetilamino) etil metakrilat (DMAEMA) ve 1-Bromododekan reaksiyona sokularak metakrilat grubu içeren kuarterner amonyum tuzu sentezlenmiştir. Akrillenmiş CAB (ACAB) ve sentezlenen kuarterner amonyum tuzu UV ile kürlenebilen formülasyonlarda fonksiyonel bir monomer olarak kullanılmıştır ve aynı zamanda kovalent olarak bağlanmıştır. Antimikrobiyal aktivite sonuçlarına bakıldığında, kuarterner amonyum tuzu içeren UV-kürlenmiş fiberler hem Gram-pozitif hem de Gram-negatiflere karşı antimikrobiyal özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. SEM sonuçları fiberlerin başarılı bir şekilde oluştuğunu göstermiştir. Son olarak, elde edilen sonuçlar yapılan sentezlerin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini ve hazırlanan fiberlerin iyi antimikrobiyal özelliklerine sahiptirler ve antimikrobiyal malzemesi olarak kullanılabilirler.



KAYNAKÇA

Beyler Çiğil, Aydın Urucu ve ark., (2021), Cellulose/cysteine based thiol-ene UV cured adsorbent: removal of silver (I) ions from aqueous solution, *Cellulose*, 28, 6439-6448, doi:10.1007/s10570-021-03932-5

Birtane, H., Şen, F., Bozdağ, B. ve ark., (2021), Antibacterial UV-photocured acrylic coatings containing quaternary ammonium salt, *Polym. Bull.* 78:3577–3588, doi:10.1007/s00289-020-03287-0

Çaydamlı, Y., (2012), *Elektrospinning Yöntemi ile Biyopolimer Esaslı Nanoyapıların Hazırlanması ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir

Dehmen, O.G., (2018), *Synthesis of Cellulose Acetate Butyrate Based Polymeric Films and Their Applications*, M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Istanbul

Migahed, M.A., Shaban, M.M. ve ark., (2015), Synthesis of some quaternary ammonium gemini surfactants and evaluation of their performance as corrosion inhibitors for carbon steel in oil well formation water containing sulfide ions †, RSC (Royal Society of Chemistry), 5: 104480–104492, doi:10.1039/C5RA15112K

Zhou, H., Weir, M.D., ve ark., (2014), Evaluation of three-dimensional biofilms on bonding agents containing novel quaternary ammonium methacrylates, *International Journal of Oral Science*, 6, 78, doi:10.1038/ijos.2014.18

Performance Analysis of a Custom TTL Circuit Using Monte Carlo Analysis Method

İshak PARLAR¹
M. Nuri ALMALP²

Abstract

Logic gate circuits form the building blocks of digital electronics. In particular, it has enabled microprocessor speeds to reach such high speeds today. Compressing identical logic gate circuits to a certain scale region in a chip manufacturing process brings with it certain problems. Logic gate circuits placed at the nanoscale are generally in TTL (Transistor-Transistor-Logic) structure. This ensures that it can work in harmony with both speed and operating units. Millions of these nanoscale elements come together to form an operating unit. Tolerance errors or differences caused by such a large number may force the system to work stably. In this study, Monte Carlo Analysis was used with Pspice circuit drawing package program. A special and widely used logic gate circuit is discussed. This gate circuit is compared with 0% - 5% and 10% tolerance values. Monte Carlo analysis, which is one of the advanced analysis methods, gave us the current, voltage, power and performance responses of both identical TTL circuits at different tolerance scales. Thanks to this analysis, which offers a statistical evaluation feature, the number of samples, sigma value, median value, mean values, maximum and minimum values can be interpreted in detail. As a result, by using Monte Carlo Analysis method of a special TTL circuit, it has been observed that the performance of the application circuits increases as the tolerance values decrease.

Keywords: TTL, monte carlo analysis, logic circuits, pspice tutorial

¹ Asst. Prof. Dr., Van Yuzuncu Yil University, Electrical and Electronics Engineering Department, Orcid: 0000-0002-3383-8091

² Prof. Dr., Van Yuzuncu Yil University, Electrical and Electronics Engineering Department, Orcid: 0000-0003-2763-4452

1.INTRODUCTION

CMOS and TTL structures fall into the circuit group called integrated. It is a set of circuits formed by bringing together a large number of resistors, diodes and transistors in order to perform certain functions. They can be classified by their level of integration and the type of transistor used in their construction [1-3]. The integrated circuit family to be selected in the logic application is determined according to the characteristics of the circuit. Today, TTL and CMOS integrated circuits are generally preferred in circuit applications, except for very special circuits. According to the integration levels: SSI (Small-Scale Integration), Medium Scale Integration (MSI) (flip-flops, counters), Large Scale Integration (LSI) (memory elements EPROM, ROM), VLSI (Very Large Scale Integration) (a mixture of Simple Microprocessors, ScaleUltra and ULSI). According to the transistor types used in their structures: TTL (Transistor-Transistor Logic) Integrated: bipolar transistors are used. Power losses are very high compared to CMOS integrates. Low Power Schottky TTL can be preferred to minimize power losses [4-8].

In this study, simulation studies of output responses of low power consumption and high speed Schottky TTL structure using Monte Carlo analysis method were carried out. With the help of this analysis, the current, voltage, power and rise time responses of the TTL gate are examined in detail. The statistical outputs of these examinations are shown in the histogram table. This table will provide us with the opportunity to observe what kind of effects the tolerance values of passive and active circuit elements used in the TTL gate cause on the previously mentioned output responses. In this way, it will enable us to determine the most ideal operating point of the 74XXXX family, which is the most preferred NAND gate, especially in digital application circuits.

2.MATERIAL and METHOD

TTL (Transistor-Transistor-Logic)

Integrated circuits; they emerged by forming the resistors, diodes, transistors and other passive circuit elements contained in the logic circuits on a single semiconductor layer and encased in various types of protectors in Figure 1 [15].

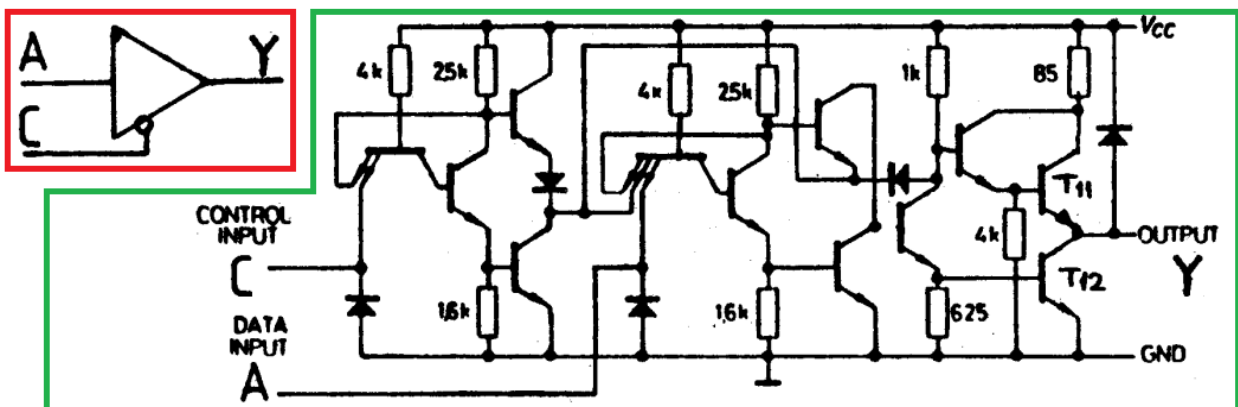


Figure 1 A special advanced TTL gate and symbol

Monte Carlo Analysis

Monte Carlo not only statistically predicts the behavior of a circuit when part values change within the tolerance range, but also presents it in detail as a block chart. Monte Carlo analysis calculates the circuit response of a passive or active circuit element to changes in part values by randomly changing all model parameters where tolerance is specified [3, 8, 10-12] This provides detailed statistical data on the effect of variance of a device parameter. Monte Carlo analysis is often used to estimate the values closest to the actual outputs in the manufacturing process of a circuit. With Monte Carlo analysis, certain tolerances are given to the model parameters and multiple analyzes (AC, DC or transient) are performed using these tolerances [13-14].

In this analysis method, the number of runs can be increased to have more data for better calculation. We can only reduce the number of runs from 100 to 10. In the simulation settings seen in Figure 2, first the output variable is selected, and then the distribution to be used is selected. The most preferred "Gaussian" distribution gives us the histogram of the clearest variable in detail in Figure 3.

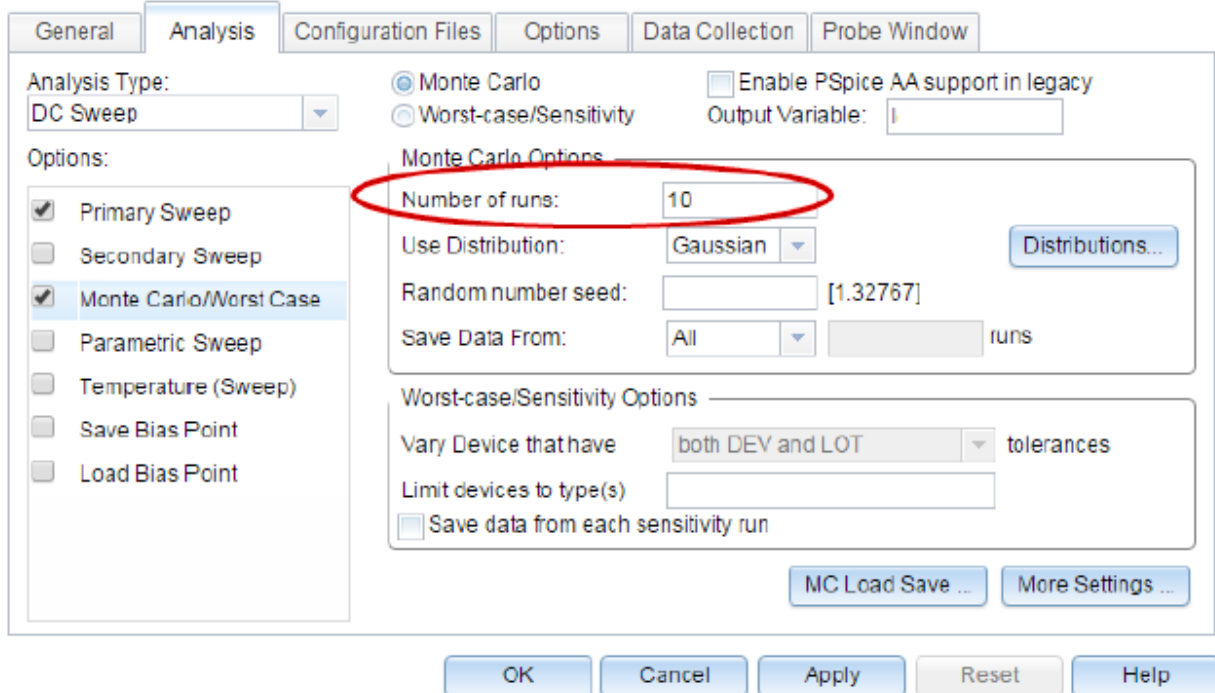
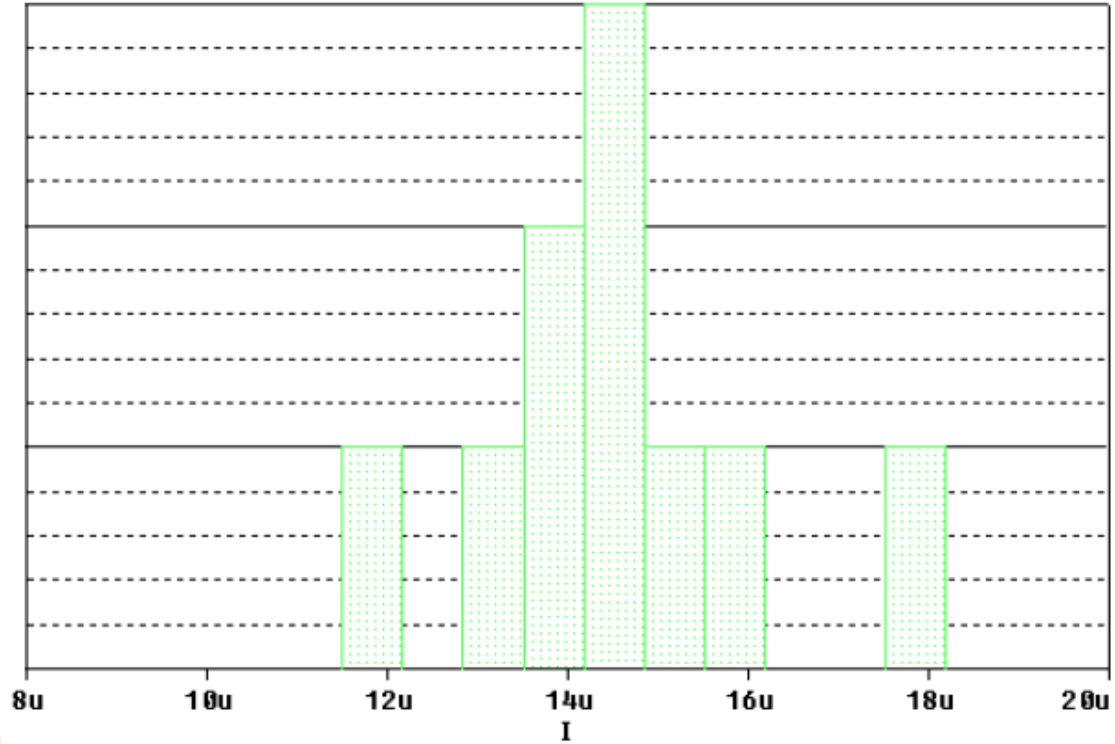


Figure 2 Simulation general settings tools



n samples	= 10	10th %ile	= 1.23617e-005
n divisions	= 10	median	= 1.42536e-005
mean	= 1.44607e-005	90th %ile	= 1.71466e-005
sigma	= 1.7659e-006	maximum	= 1.81888e-005
minimum	= 1.15008e-005	3*sigma	= 5.29769e-006

Figure 3 The histogram of I and associated statistics

The mean μ is defined as;

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

The standard deviation σ is defined as;

$$\sigma = \sqrt{E[(X - \mu)^2]} \quad (2)$$

If Equation 2 is rearranged according to Equation 1, the following equation is obtained.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (3)$$

An exemplary value is the maximum deviation from the nominal value, not the value of a measurement or an available output variable [10-17].

$$\text{mean deviation} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

If Equation 3 is rearranged according to Equation 4, the largest sigma equation is expressed as follows.

$$\text{Sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \text{mean deviation})^2} \quad (5)$$

3.RESULTS

In the circuit in Figure 4, the state change rate of the Q4 transistor is increased by reducing all resistance values and connecting the Q1 and Q4 transistors Darlington. D1 and D2 diodes prevent distortion that may occur with the TTL NAND gate operating at high speed. In this group, the average power consumption per gate is 22mW, the delay is 6 ns, and the operating speed is approximately 50MHz. Output current and output voltages were measured as 4.22V and 1.085mA, respectively, in the simulated environment.

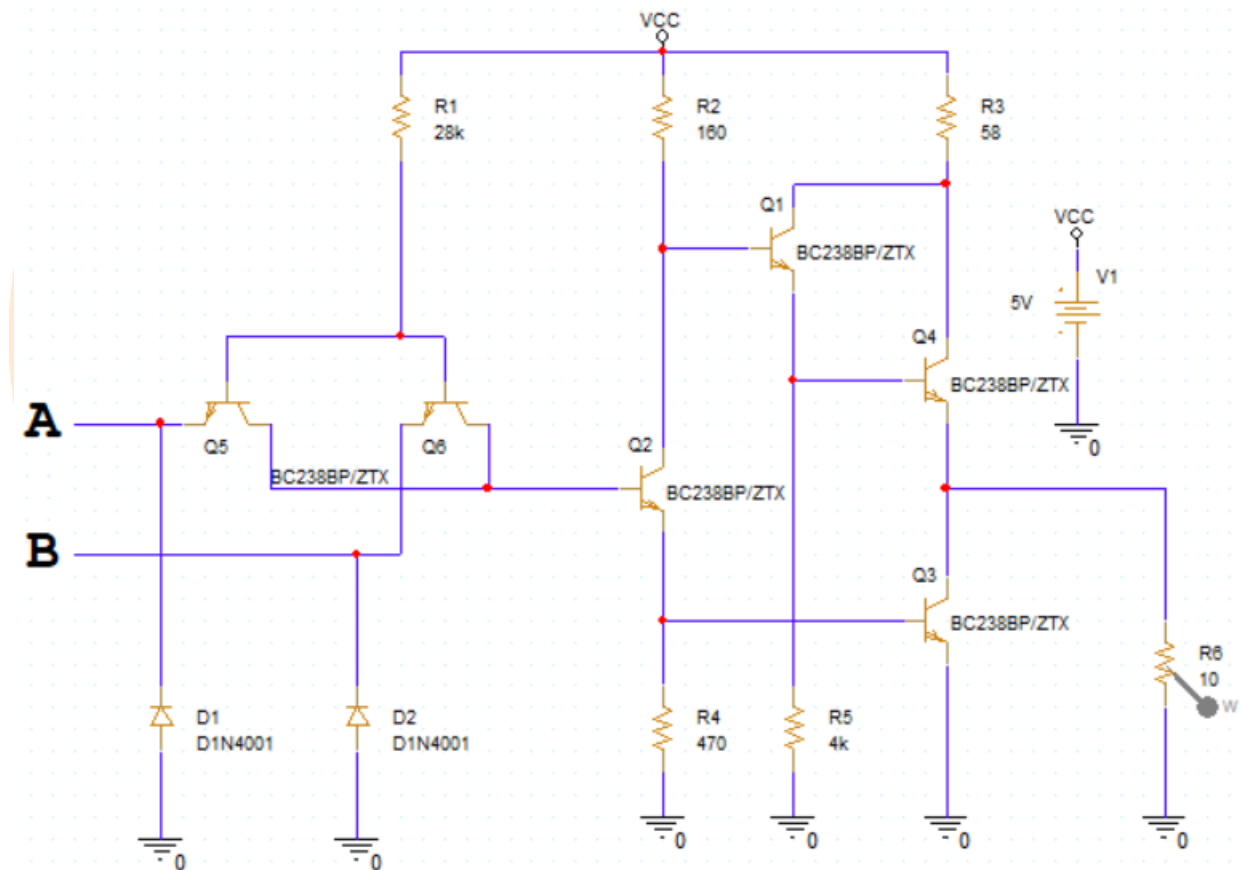


Figure 4 High power TTL NAND gate

In the above circuit, there is a 2-input single-output TTL NAND gate. It is seen that the NAND gate is obtained when the states of the A and B inputs of this circuit are written. All transistors are selected identical. In order to increase the speeds at the system output, the current on the supply side is increased with the help of the resistor. R6 resistor is selected as the load resistor. The response of the power value on the load resistor was measured statistically with the Monte



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

Carlo analysis method at 5% and 10% tolerance values, respectively. Values close to the application were selected at the same tolerance values, including the diodes D1 and D2. In Figure 5-7, the output responses of the system at both tolerance values are presented in detail.



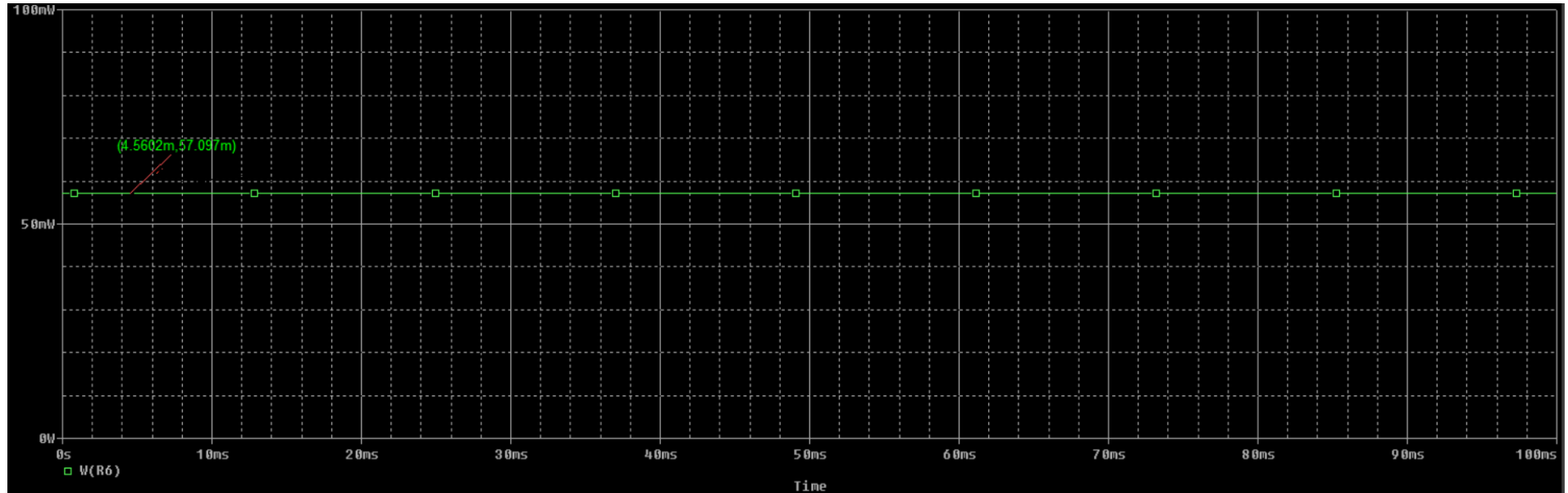


Figure 5 Output power for 0% tolerance

The power value on the output load is shown with 0 percent tolerance value in the circuit in Figure 5. Its power of 57.097mW has a single average value. Since it has 0 tolerance, the standard deviation value is not calculated. Values of passive and active circuit elements in the simulation environment are taken as basis.

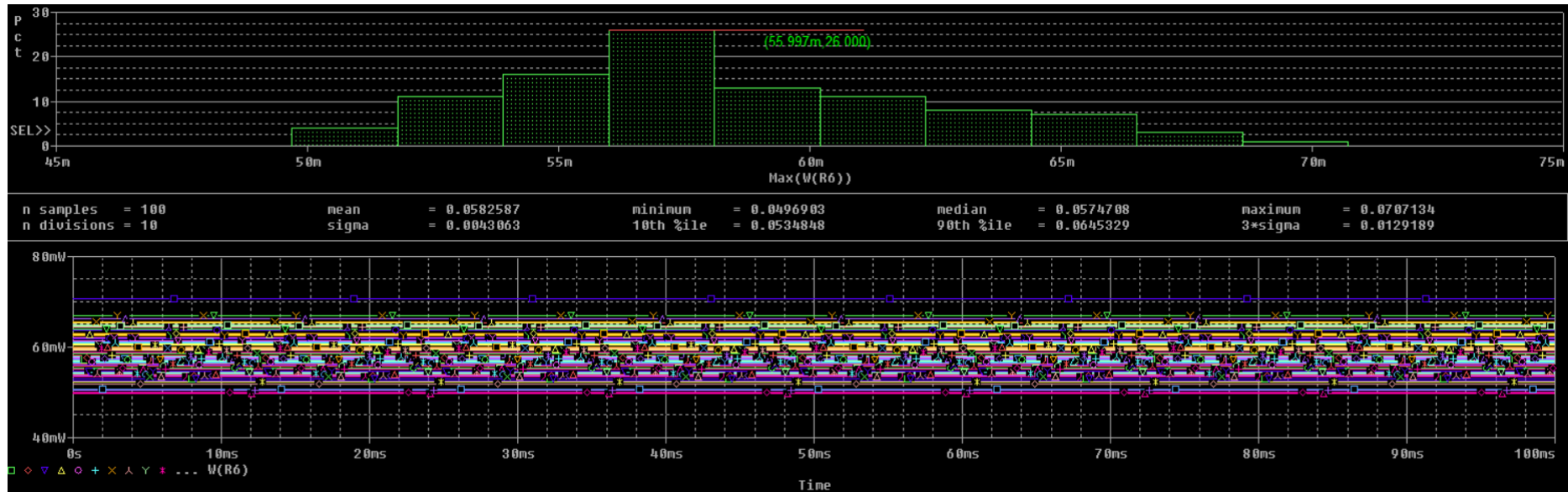


Figure 6 Output power for 5% tolerance

In the above simulation result screen, we see that the power on the load resistor is clustered around 55.997mW with a majority of 26%. It is seen that the limit values are approximately between 50mW and 70mW. It is not possible to predict to reach 70mW in real applications. However, thanks to Monte Carlo analysis, the extreme points that the TTL circuit can create in physical conditions can be seen. In the colored graph just below, each power point of the simulation run in 100 steps is shown. It can be seen that there is only one blue power operating point at the top of the graph. This shows us the importance of forecasting.

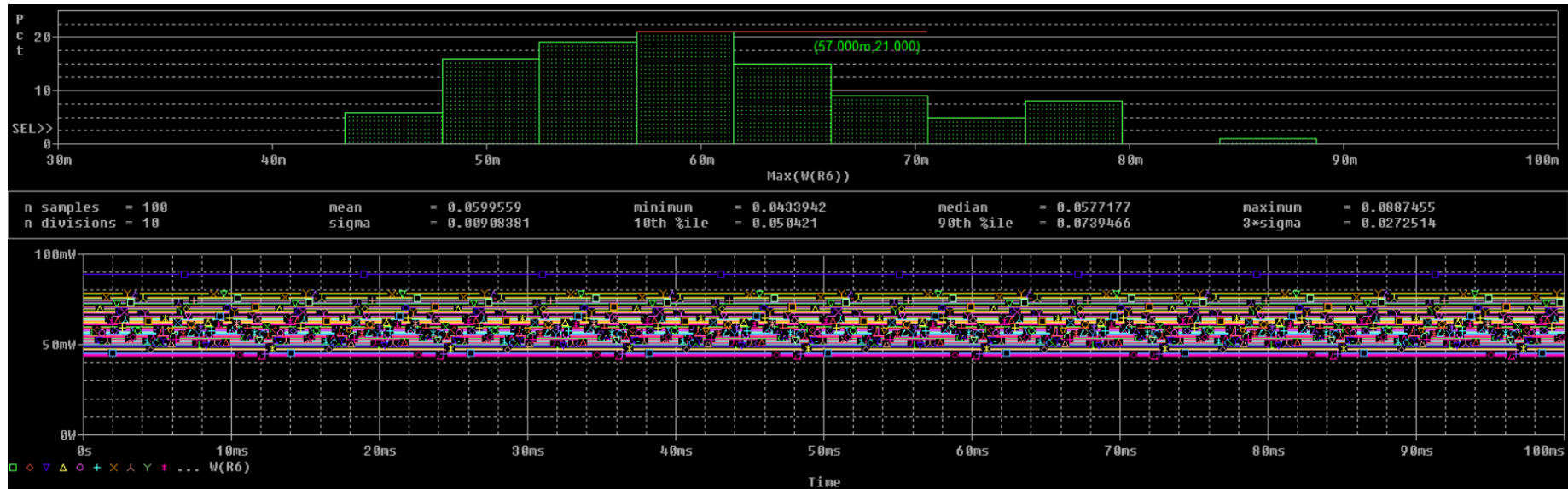


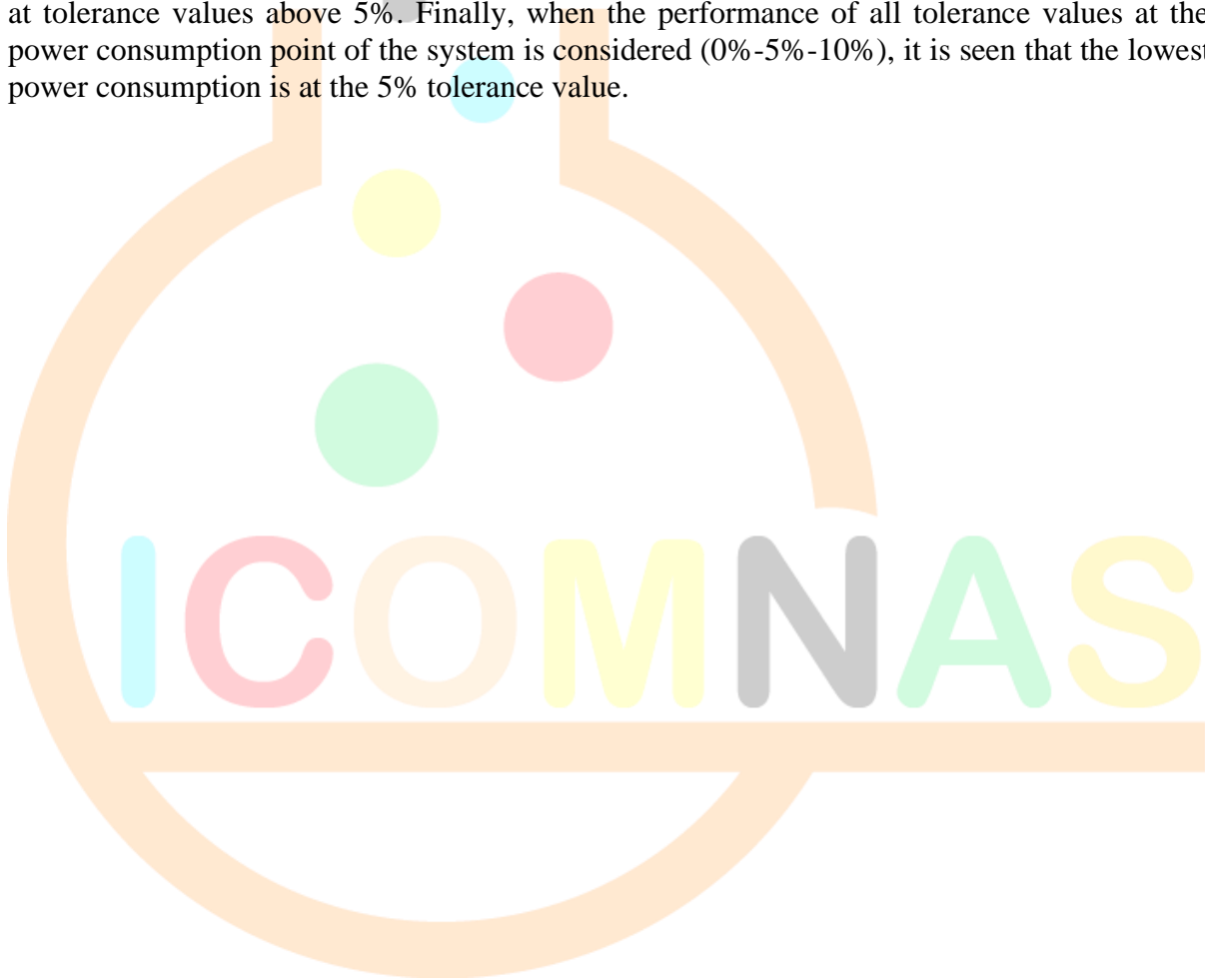
Figure 7 Output power for 10% tolerance

In this graph, on the simulation result screen, we see that the power on the load resistor is clustered around 57mW with a majority of 21%. It is seen that the limit values are approximately between 45mW and 90mW. It is not possible to predict reaching 90mW in real applications. However, thanks to Monte Carlo analysis, the extreme points that the TTL circuit can create in physical conditions can be seen. In the colored graph just below, each power point of the simulation run in 100 steps is shown. It can be seen that there is only one blue power operating point at the top of the graph.

When we look at both graphs, it is seen that the mean values are approximately the same, while there is a standard deviation of up to 2 times in the sigma value. This shows that sigma will indirectly increase as the tolerance value increases. When we look at the graph in Figure 6, it is assumed that not measuring any value between 80mW and 90mW also increases the sigma value.

4.CONCLUSIONS

By using identical gates in digital circuit applications, the output responses of existing systems are accelerated. Considering that there are millions of NAND gates in a certain location, it has become necessary to reveal the tolerance values of so many logic gates in detail. In other words, the Monte Carlo analysis method was used to estimate the operating points almost exactly to the operating points in real practice. Thanks to this analysis, it has been very useful to determine the tolerance values of the elements in the application correctly and to estimate the closest result by entering these tolerance values into the simulation model. As a result, it was calculated that the results were obtained with 99.5% accuracy, especially when the 5% tolerance value was compared with the results in practice. It has been observed that this accuracy drops to 98% at tolerance values above 5%. Finally, when the performance of all tolerance values at the power consumption point of the system is considered (0%-5%-10%), it is seen that the lowest power consumption is at the 5% tolerance value.



REFERENCES

- Abu-Mahfouz, I. (2022). Semiconductors and Logic Circuits. In *Instrumentation: Theory and Practice, Part 1: Principles of Measurements* (pp. 97-114). Cham: Springer International Publishing.
- Gastaldi, R., Campardo, G., Gastaldi, R., & Campardo, G. (2020). Virtual Prototyping Using PSpice. *Electronic Experiences in a Virtual Lab*, 179-211.
- Das, R., & Paul, S. K. (2020). Resistorless current mode precision rectifier using EXCCII. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 103, 511-522.
- Arabi, A., Ayad, M., Benziane, M., Bourouba, N., & Belaout, A. Fault Coverage Improvement of CMOS Analog Circuits Using Supply Current Testing Method.
- Patel, H., & Deshpande, A. (2019). Reliability Evaluation of Power System using Monte carlo simulation in Pspice. vol, 14, 2252-2259.
- Tyler, N. (2020). Texas Instruments unveils customised PSpice tool.
- Panikhom, S., Suksawad, A., Janda, T., & Jantakun, A. (2023). A simple sinusoidal quadrature oscillator using a single active element. *EUREKA: Physics and Engineering*,(2), 40-51.
- Chi, H. (2020). The Application of OrCAD/PSpice Software in Electronic Circuit Analysis. In *Innovative Computing: IC 2020* (pp. 1763-1770). Springer Singapore.
- Raj, A., Bhagat, R., Kumar, P., & Bhaskar, D. R. (2021, August). Grounded-Capacitor Analog Inverse Active Filters using CMOS OTAs. In *2021 8th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)* (pp. 778-783). IEEE.
- Gao, C., Li, T., Wang, T., & Cao, X. (2020, August). Memristor-Based Logic Gate Circuit. In *2020 IEEE 3rd International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)* (pp. 330-333). IEEE.
- Khan, A. A. LOGIC GATES & COMBINATIONAL CIRCUITS. 11
- Tobin, P. (2022). PSpice for digital communications engineering. Springer Nature.
- Choudhury, H., Paul, S., Deb, D., & Goswami, R. Poster: A Single Memristor-Based TTL NOT Logic.
- Tarui, Y., Hayashi, Y., Teshima, H., & Sekigawa, T. (1969). Transistor Schottky-barrier-diode integrated logic circuit. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 4(1), 3-12.
- Neamen, D. A. (2001). *Electronic circuit analysis and design* (Vol. 2). New York, NY.: McGraw-Hill.
- MacLeod, A. M. (1975). An elementary introduction to TTL. *Physics Education*, 10(6), 440.
- Yağımlı M., Akar F., 1999. *Elektronik*, BETA Yayınları, İstanbul.
- Boylestad R. L., Louis N., 2015. *Elektronik Cihazlar ve Devre Teorisi*, Palme Yayıncılık, 10. Baskı, Ankara.
- PSpice User Guide, Cadence. Statistics in Monte Carlo Analysis <https://www.flowcad.de/AN/FlowCAD-AN-PSpice-Statistics-MC.pdf>. Date of Access: 21.07.2023.

Noisy Electronic Component Images Classification

Kadir AHMED DJAMA¹

Şafak ALTAY AÇAR²

Abstract

Studies using information obtained from images are gaining importance and becoming widespread. In this study, seven different types of electronic components are classified. Two different electronic component image datasets are used being combined. First one has resistor, integrated circuit, capacitor and transistor images. Second one has resistor, diode, integrated circuit, jumper, capacitor, light emitting diode and transistor images. Classification process is applied to both original images and noisy images using a convolutional neural network (CNN) model with three convolutional layers, three max pooling layers and two dense layers. Noisy images are created by adding Gaussian noise to original dataset images. The results obtained from images with different noise levels are compared. It is seen that results are affected by noise level. Also, the used CNN model is compared with other CNN architectures and obtained results are evaluated according to the number of parameters and training times of the architectures.

Keywords: Electronic component, noise, classification, convolutional neural network

¹ Master Student, Karabük University, Institute of Graduate Programs, Department of Mechatronic Engineering, 2128133017@ogrenci.karabuk.edu.tr, Orcid: 0009-0007-6193-2687

² Assist. Prof. Dr., Karabük University, Yenice Vocational School, Department of Computer Technologies, safakaltay@karabuk.edu.tr, Orcid: 0000-0001-6502-7456

INTRODUCTION

There are many studies about electronic components classification in the literature. Salvador et al. present a model to classify electronic devices. They use transfer learning and deep convolutional neural networks (Salvador et al., 2018). Hu et al. propose an algorithm for electronic component classification. Hierarchical convolutional neural network is used in this study (Hu et al., 2020). Cheng et al. suggest a method for classifying electronic components using siamese network (Cheng et al., 2022). Varna and Abromavičius introduce an electronic component detection and classification system on a conveyor belt. System performance is evaluated with different object detection algorithms (Varna and Abromavičius, 2022). In another study, Atik presents an approach to electronic component classification by utilizing a convolutional neural network (Atik, 2022). Kaya and Akgül introduce a study on electronic circuit elements classification. They use and compare different machine learning methods (Kaya and Akgül, 2022). Starodubov et al. propose an electronic component classification method by fusing optical and x-ray images (Starodubov et al., 2022). Hożyń suggests a solution for classifying electronic components in industrial applications. Many convolutional neural network models are designed and used in this study (Hożyń, 2023). Makwana et al. present a study that segments and classifies printed circuit board components (Makwana et al., 2023). Seven different types of electronic components are classified in this study. These are resistor, diode, integrated circuit (IC), jumper, capacitor, light emitting diode (LED) and transistor. A CNN model is designed as classifier and two different electronic component image datasets are used being combined. Noise is added to original images and the classifier is executed for both original images and noisy images.

MATERIALS AND METHOD

Electronic Component Image Datasets

Two different electronic component image datasets are used in this study. First one is obtained from (Neto, 2020). One thousand samples are taken from resistor, IC, capacitor and transistor images in this dataset. Sample component images belong to this dataset are shown in Fig. 1.



Fig. 1. Sample component images belong to first dataset (Neto, 2020)

The second electronic component image dataset which contains resistor, diode, IC, jumper, capacitor, LED and transistor is created by authors. Images of electronic components are taken with a mobile phone on various backgrounds. Also, each image is rotated, brightness increased and brightness decreased to multiply the number of images. Each electronic component type has different number of images. Sample component images belong to this dataset are shown in Fig. 2.



Fig. 2. Sample component images belong to second dataset

In this study, first dataset (Neto, 2020) and second dataset are used being combined. The numbers of dataset images are given in Table 1.

Table 1. The numbers of dataset images

	Resistor	Diode	IC	Jumper	Capacitor	LED	Transistor
First Dataset	1000	-	1000	-	1000	-	1000
Second Dataset	280	140	112	168	280	168	112
Total Number	1280	140	1112	168	1280	168	1112

In images, Gaussian noise occurs due to sensor noise which is the result of low illumination or high temperature, and electronic circuit noise (Cattin, 2012). Gaussian noise is added to electronic component images to create noisy images by using the probability density function (Miller and Childers, 2004) which is defined in Eq. (1). In this process, mean (μ) value is accepted as 0 but different standard deviation (σ) values are applied. These are 0.5, 1, 1.5 and 2.0. Noisy electronic component images are shown in Fig. 3. After adding noise to the original images, four extra datasets are occurred.

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

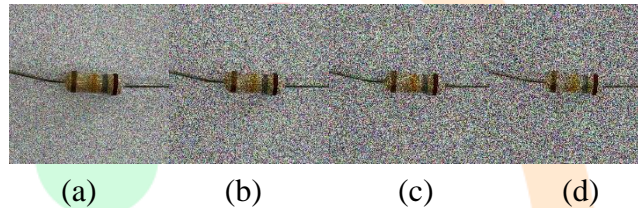


Fig. 3. Noisy electronic component images (a) $\mu=0 \sigma=0.5$ (b) $\mu=0 \sigma=1$ (c) $\mu=0 \sigma=1.5$ (d) $\mu=0 \sigma=2$

Convolutional Neural Network Model

For image classification and object detection, CNNs are used as biologically inspired networks. Architectures based on biological inspiration started with neocognitron (Fukushima, 1980) and continued with LeNet-5 (Lecun et al., 1998) (Aggarwal, 2018). A CNN model which has 3 convolutional, 3 max pooling and 2 dense layers is designed as classifier. In all three convolution layers, 3x3 kernels and ReLU activation functions are used. First convolutional layer has 8 filters and others have 16 filters. Also, 2x2 kernels are used in max pooling layers. Before first dense layer, there is a dropout layer with 0.5 probability value. In first dense layer, there are 32 neurons and ReLU activation function is used. Second dense layer which has 7 neurons and softmax activation function is output. The designed CNN model is shown in Fig. 4.

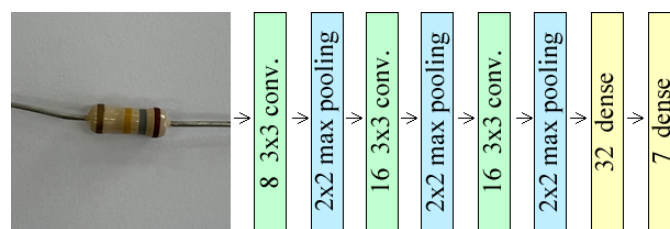


Fig. 4. The designed CNN model

EXPERIMENTAL RESULTS

Original and noisy electronic component images are classified utilizing the designed CNN and the results are evaluated. As experimental study properties; input image dimensions are 200x200 pixels, number of outputs is 7, number of epochs is 20 and number of steps per epoch is 120. Also, 70% of the images in the datasets are used for training, 15% for validation and 15% for testing. The obtained accuracy values are given in Table 2 and graphs of accuracy vs. epoch are shown in Fig. 5.

When accuracy values are examined, it is seen that when standard deviation (σ) value of Gaussian noise increases, train accuracy value decreases. Additionally, validation and test accuracy values are similar when the standard deviation (σ) value is 1.0 and above.

Table 2. Accuracy values of the designed CNN for different noise levels

	Original	$\mu=0 \sigma=0.5$	$\mu=0 \sigma=1.0$	$\mu=0 \sigma=1.5$	$\mu=0 \sigma=2.0$
Train accuracy	0.9929	0.9896	0.9853	0.9717	0.9684
Validation accuracy	0.9226	0.9074	0.8580	0.8491	0.8542
Test accuracy	0.9139	0.8898	0.8354	0.8430	0.8329

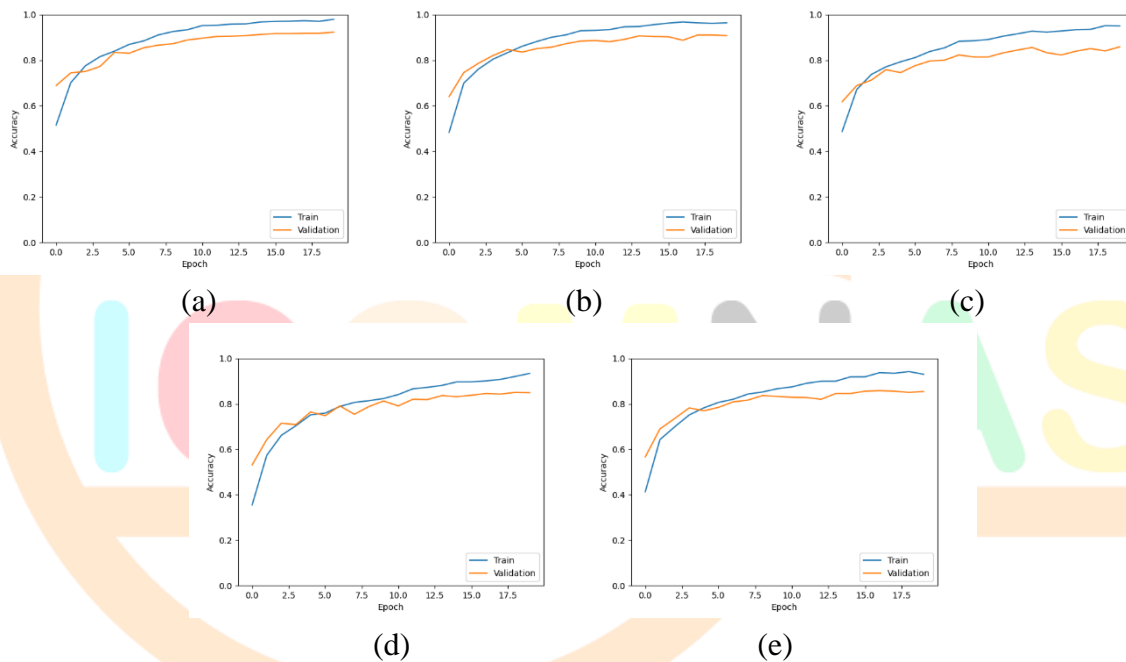


Fig. 5. Graphs of accuracy vs. epoch (a) original (b) $\mu=0 \sigma=0.5$ (c) $\mu=0 \sigma=1$ (d) $\mu=0 \sigma=1.5$ (e) $\mu=0 \sigma=2$

The designed CNN is compared with AlexNet (Krizhevsky et al., 2012) and VGG-11 (Simonyan and Zisserman, 2015) utilizing original electronic component images. The experimental study properties are determined the same as the previous experiment. The obtained accuracy values are given in Table 3.

When accuracy values are evaluated, it is seen that AlexNet (Krizhevsky et al., 2012) has the lowest accuracy values. VGG-11 (Simonyan and Zisserman, 2015) has the highest train accuracy value and the designed CNN has the highest validation and test accuracy values. However, the total number of parameters of the designed CNN is less than others so it is trained in a much shorter time. The designed CNN has 274,823 parameters. AlexNet (Krizhevsky et

al., 2012) and VGG-11 (Simonyan and Zisserman, 2015) have 46,781,191 and 101,532,039 parameters respectively.

Table 3. Accuracy values of CNN models

	Designed CNN	AlexNet	VGG-11
Train accuracy	0.9929	0.8465	0.9964
Validation accuracy	0.9226	0.8276	0.9163
Test accuracy	0.9139	0.8253	0.9088

CONCLUSION

A CNN is designed to classify both original and noisy electronic component images. The results obtained from images with different noise levels are compared and it is seen that noise level affects accuracy values. Also, the designed CNN model is compared with AlexNet (Krizhevsky et al., 2012) and VGG-11 (Simonyan and Zisserman, 2015). Obtained accuracy values of architectures are evaluated considering total number of parameters. In future studies, more comprehensive work can be done by using more electronic components.

Information

This study is derived from the first author's master thesis.

REFERENCES

- Aggarwal, C. C. (2018). *Neural networks and deep learning: a textbook*. Springer International Publishing AG, p. 40.
- Atik, I. (2022). Classification of electronic components based on convolutional neural network architecture. *Energies*, 15(7), 2347. doi: 10.3390/en15072347
- Cattin, P. (2012). *Image Restoration: Introduction to Signal and Image Processing*. MIAC, University of Basel.
- Cheng, Y., Wang, A., Wu, L. (2022). A classification method for electronic components based on siamese network. *Sensors*, 22(17), 6478. doi: 10.3390/s22176478
- Fukushima, K. (1980). Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics*, 36(4), 193– 202. doi: 10.1007/BF00344251
- Hożyń, S. (2023). Convolutional neural networks for classifying electronic components in industrial applications. *Energies*, 16(2), 887. doi: 10.3390/en16020887
- Hu, X., Xu, J., Wu, J. (2020). A novel electronic component classification algorithm based on hierarchical convolution neural network. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 474 052081. doi: 10.1088/1755-1315/474/5/052081
- Kaya, V., Akgül, İ. (2022). Classification of electronic circuit elements by machine learning based methods. *6th International Conference on Advances in Natural & Applied Science Engineering*, Ağrı, Turkey, 136-140.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *NIPS*.
- Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. doi:10.1109/5.726791
- Makwana, D., Sai Chandra Teja R., Mittal, S. (2023). PCBSegClassNet — a light-weight network for segmentation and classification of PCB component. *Expert Systems with Applications*, 225, 120029. doi: 10.1016/j.eswa.2023.120029
- Miller, S. L., Childers, D.G. (2004). *Probability and random processes: with applications to signal processing and communications*. Elsevier Academic Press, p. 57.
- Neto, J. L. A. (2020). *Basic electronic components: basic electronics components image dataset*. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets/julioazancort/basic-electronic-components>, on 13.01.2023.
- Salvador, R. C., Bandala, A. A., Javel, I. M., Bedruz, R. A. R., Dadios E. P., Vicerra, R. R. P. (2018). DeepTronic: an electronic device classification model using deep convolutional neural networks. *IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, Baguio City, Philippines, 1-5. doi: 10.1109/HNICEM.2018.8666303
- Simonyan K., Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *ICLR*. doi: 10.48550/arXiv.1409.1556
- Starodubov, D., Danishvar, S., Ott, R., Abu Ebayyeh, A. A. R. M., Cummings, N., Mousavi, A. (2022). Printed circuit board inspection: fusion of optical and x-ray images (FOXi) for electronic components classification. *IEEE Physical Assurance and Inspection of Electronics (PAINE)*, Huntsville, AL, USA, 1-7. doi: 10.1109/PAINE56030.2022.10014840
- Varna, D., Abromavičius, V. (2022). A system for a real-time electronic component detection and classification on a conveyor belt. *Applied Sciences*, 12(11), 5608. doi: 10.3390/app12115608

Cıvatalı Flanş Bağlantıları Olan Montajlı Rotor Modüllerinde Çoklu Vekil Modeller Kullanılarak Çok Amaçlı Optimizasyon

Kadir Kaan AYTUĞ¹

Erdem ACAR²

Özet

Cıvatalı flanş yapıları, uçak motor tasarımında kritik öneme sahiptir ve motor komponentlerini birbirine bağlamak için kullanılmaktadır. Ön tasarım aşamasında, yapısal bütünlük kriterlerine göre cıvata sayıları, ebatları ve yerleşimlerinin yanında flanş ebatları da değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme, montajlı rotor gruplarının değişken termal ve mekanik yüklere maruz kalması sebebiyle, hesaplama yoğunluğu yüksek sonlu elemanlar modeli simülasyonlarını gerektirmektedir.

Hesaplama yükünün yönetilmesi ve yüksek doğruluklu çözümlerin elde edilmesi amacıyla, vekil modelleme teknikleri, verimlilik ve yenilik için önemli bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada, NASA ve GE'nin E3 Yüksek Basınçlı Türbin Test Donanımı Ayrıntılı Tasarım Raporu'nda konu edilen yüksek basınçlı türbin modülünün rotor grubundaki cıvatalı flanş bağlantı tasarımları için çoklu vekil modelleme yaklaşımı incelenmiştir.

Rotor grubunda üç adet flanş bölgesi bulunmakta olup her biri sonlu elemanlar teknikleriyle ayrı ayrı modellenmiştir. Bu modeller kullanılarak vekil modeller oluşturulmuştur. Vekil modeller, cıvatalı flanş tasarım parametrelerini girdi olarak alacak şekilde oluşturulmuştur. Gerilmeler ve temas bölgelerindeki tepki kuvvetleri ise çıktı parametreleri olarak seçilmiştir. Ansys analiz ve simülasyon yazılımının sunduğu Latin Hiperküp Örnekleme metodu ile deney tasarımları oluşturulmuş ve Genetik Birleştirme Yanıt Yüzey metodu ile vekil modeller oluşturulmuştur.

Vekil modellerin eğitim noktalarındaki çapraz doğrulama için başarımları, 0.98 belirlilik katsayısı R^2 ve %2'den az göreceli kök ortalama kare hatası (RRMSE) olarak hesaplanmıştır.

Optimizasyon çalışmalarında Ansys yazılımının sunmuş olduğu Çok Amaçlı Genetik Algoritma (MOGA) yöntemi kullanılmıştır. Tüm flanş bölgeleri için de yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar elde edilebilmiş olup başlangıç durumuna göre her üç flanş bölgesi için de sırasıyla %8, %21, %7 mertebelerinde hafifletme ve sırasıyla %2.7, -%0.5 ve %12 mertebelerinde gerilmelerin azalması yönünde iyileştirmeler sağlanmıştır.

Bu çalışma, çoklu vekil modelleme tekniği kullanılarak büyük modellerin alt modeller aracılığıyla incelenmesinin ve yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarım alternatiflerinin belirlenmesinin mümkün olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçak Motorları, Yapısal Bütünlük, Vekil Modelleme, Çok Amaçlı Optimizasyon

¹ TOBB ETU, Department of Mechanical Engineering

² Prof.Dr., TOBB ETU, Department of Mechanical Engineering

Giriş

Uçak motorları, belirli bir görev profiline göre çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve motor bileşenlerinin, değişen ısı ve mekanik yükler altında belirli bir ömür kriterine uygun olarak yapısal bütünlüğünü koruması gereklidir.

Bu motorlar esasen Brayton termodinamik döngüsü ile çalışan güç/itki üniteleridir. Yüksek basınç altında sıkıştırılan hava, yanma odasında yakıt ile karıştırılır ve yüksek sıcaklıklara ulaşır. Bu enerji, türbin kademelerini döndürerek işe dönüşür. Elde edilen iş, mekanik bağlantılar aracılığıyla kompresöre aktarılır ve böylece döngü devam eder.

Uçak motorlarındaki tork aktarımı, cıvatalı flanş ve eğrisel kaplin tasarımları ile sağlanır. Özellikle NASA ve General Electric tarafından geliştirilen E3 turbopan motorunda bu bağlantılar kullanılır. Motor komponentleri arasındaki mekanik bağlantılar, flanş yüzeylerindeki sürtünmeli temas üzerinden tork aktarımını sağlar.

Rotor diskleri ve şaftları bir arada tutan cıvatalı flanş bağlantılarının tasarımı, motorun görev sırasında maruz kaldığı yükler altında yapısal bütünlüğü sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu tasarımlar, yorulma ve sürünme dayanımı gibi kriterleri dikkate alır.

Cıvatalı flanş bağlantılarının tasarımında flanş geometrisi, cıvata sayısı ve boyutları, delik konumları ve cıvatalara uygulanan ön yükleme kuvveti gibi faktörler önemlidir. Bu faktörlerin etkisi, sonlu elemanlar modelleme teknikleri kullanılarak belirlenir.

Tasarım süreçlerinde, özellikle ön tasarım aşamasında, 2 boyutlu sonlu elemanlar modelleme teknikleri kullanılarak yapısal analizler yapılır. Rotor grubu üzerinde yapılan analizler, uzun çözüm süreleri gerektirir çünkü doğrusal olmayan temas tanımları içerir ve değişen yüklemeleri simüle eder.

Ön tasarım aşamasındaki iteratif süreçler, uygun tasarım alternatiflerinin belirlenmesi için hesaplama gücü ve maliyet artışına yol açar. Bu durum, yapısal bütünlük kriterlerine uygun tasarımların belirlenmesi için geliştirilecek yöntemlere olan ihtiyacı artırır.

Vekil model yaklaşımı, analiz ve tasarım süreçlerini hızlandırmak, hassasiyet analizleri yapmak ve tasarım iyileştirmeleri sağlamak için kullanılan önemli bir tekniktir. Bu yaklaşımın uçak motorlarının kavramsal tasarım süreçlerindeki uygulanabilirliği incelenmektedir.

Yöntem

Montajlı rotor modülü flanş bölgeleri için sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. Sonlu elemanlar modelleri için vekil modeller geliştirilmiştir. Vekil modeller, yapısal bütünlük kriterlerinin incelenmesi amacıyla kullanılmıştır. Vekil modeller kullanılarak çok amaçlı optimizasyon tekniğiyle yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar elde edilmiştir.

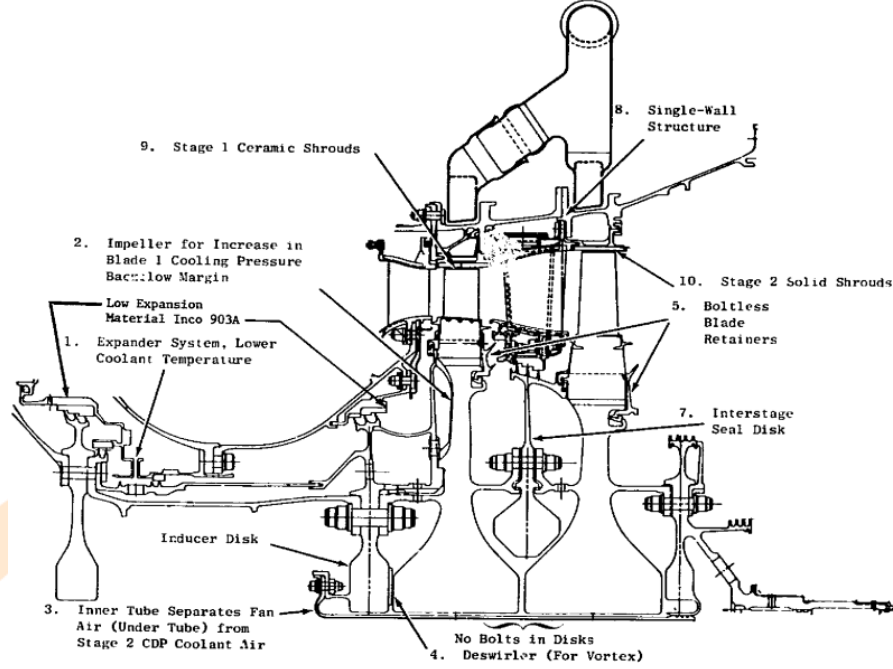
Literatür Araştırması

Uçak motorları, verimlilik ve uzun kullanım ömrü isteklerine göre tasarlanmaktadır. Bu isteklerin sağlanması amacıyla otoriteler tarafından tanımlanan yapısal bütünlük kriterlerinin karşılanması gerekmektedir. Yapısal bütünlük kriterleri sürünme ömrü, düşük çevrim yorulma ömrü, çatlak ömrü özelliklerine dayanmaktadır.

Yapısal bütünlük kriterlerine göre tasarım çalışmalarının yürütülebilmesi adına sonlu elemanlar analizleri yapılmaktadır.

NASA ve GE firmaları tarafından geliştirilen E3 FPS (Energy Efficient Engine – Flight Propulsion System) motorunun yüksek basınçlı türbin modülünün montajlı rotor grubunda üç adet flanş bağlantısı bulunmaktadır. Flanş bağlantılarının yapısal bütünlük kriterlerini sağlamak için, türbinde oluşturulan işin rotor kademeleri arasında tork olarak aktarımını

sağlaması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için flanş yüzeyleri üzerinde açılma ve relatif kayma hareketlerinin engellenmesi gerekmektedir [1].



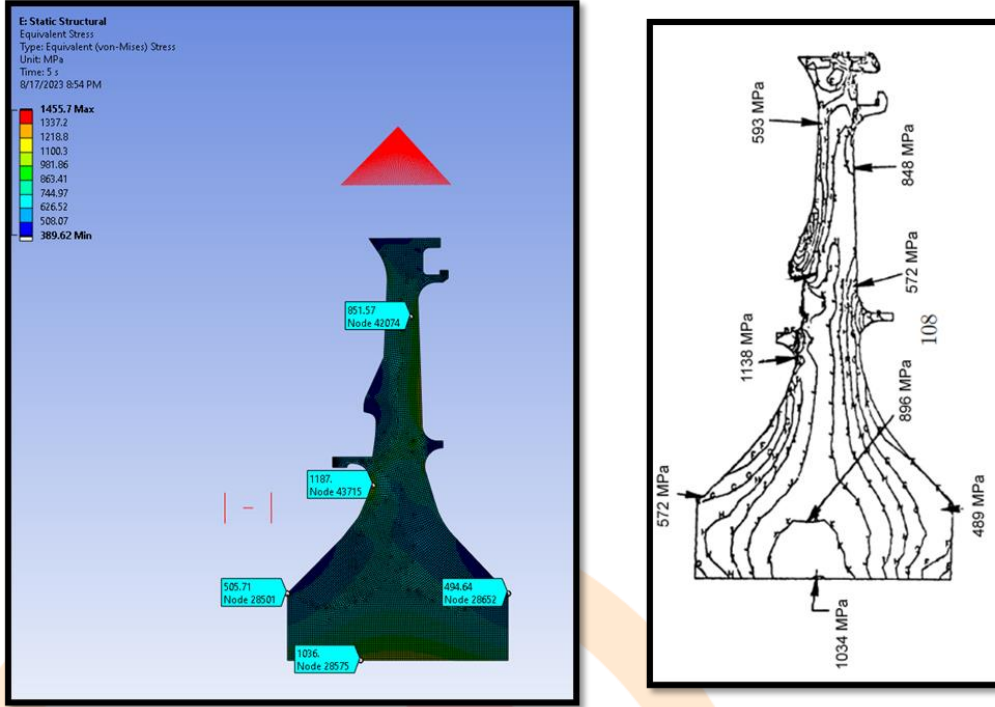
Şekil.8: E3 FPS Yüksek basınçlı türbin modülü.

Flanş bölgelerindeki bütünlük kriterlerinin sağlanabilmesi için literatürde sonlu elemanlar analizlerinin uygulandığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda civata yapılarının ve temas bağlantılarının modellenmesi ele alınmaktadır [2,3,4].

Vekil model oluşturma teknikleri, hesaplama karmaşıklığı yüksek sistemlerin cevaplarının tahmin edilebilmesinde kullanılan yöntemlerdir. Sistem girdi parametrelerinin sistem cevaplarını ne ölçüde etkilediğinin ve hassasiyetlerinin tespitinin sağlanması için kullanılan vekil modeller, optimizasyon çalışmalarında kullanabilmektedir [5].

Sonlu Elemanlar Modellerinin Oluşturulması

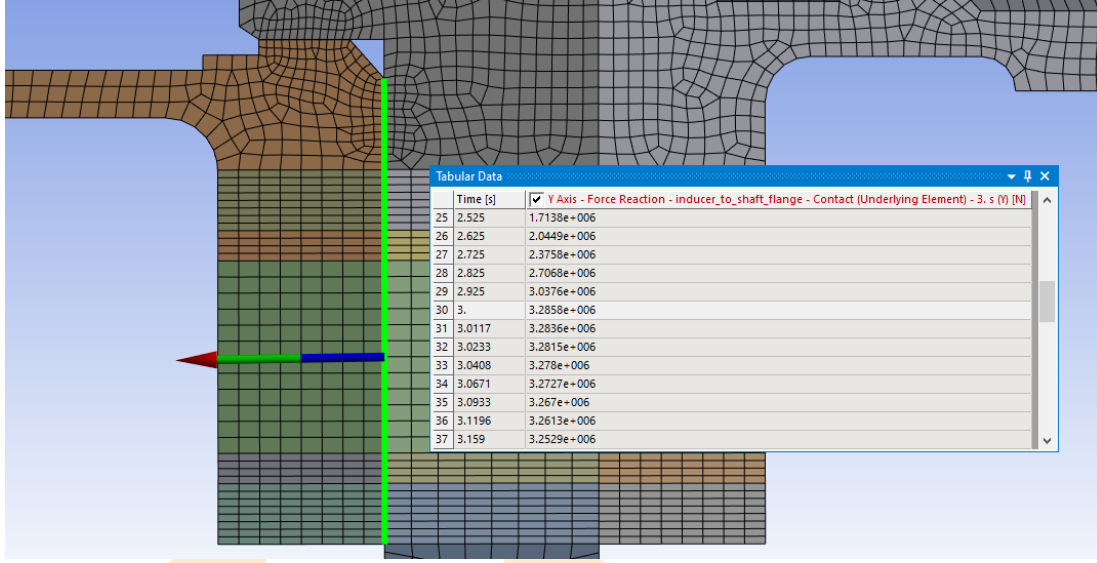
Rotor modülünde bulunan flanş bölgeleri, ilgili komponentleriyle birlikte modellenmiştir. Her bir flanş bölgesi için ayrı sonlu elemanlar modelleri kurulmuştur. Modelleme tekniğinin validasyonu için literatürdeki türbin rotor modülü birinci kademe diskinin gerilme analizleri için verilen sonuçlar kullanılmıştır [6].



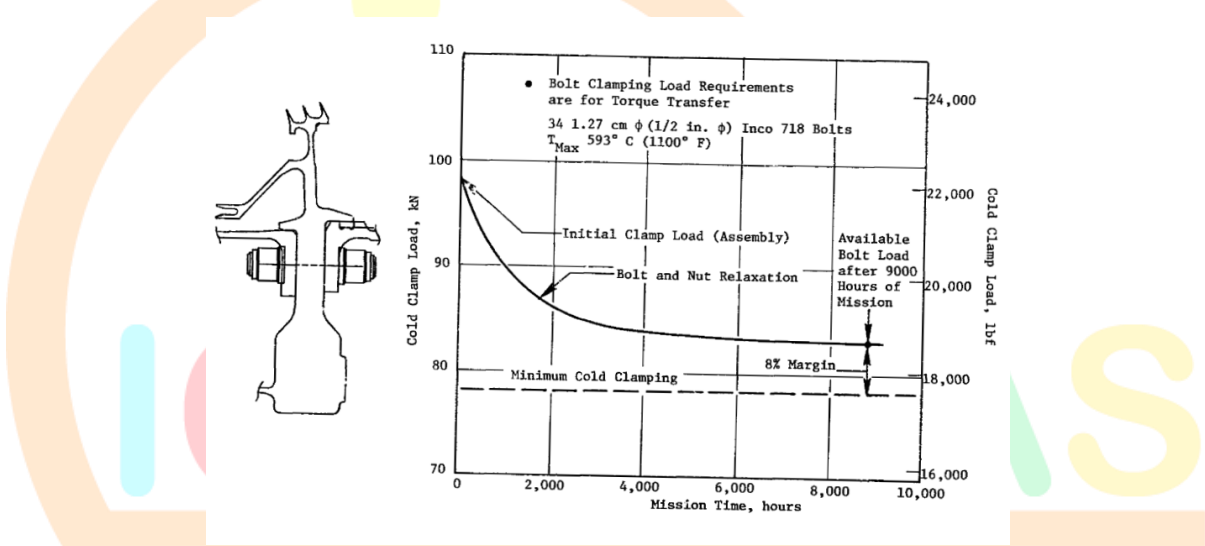
Şekil10.9: Yapısal analiz validasyon çalışmaları.

Oluşturulan sonlu elemanlar modellerinde flanş bölgelerinde sürtünmeli temas bağlantıları kullanılmıştır. Yivli bölgelerde sıkı geçmeyi hesaba katabilmek için sürtünmeli temas bağlantıları sıkı geçmeli olarak modellenmiştir.

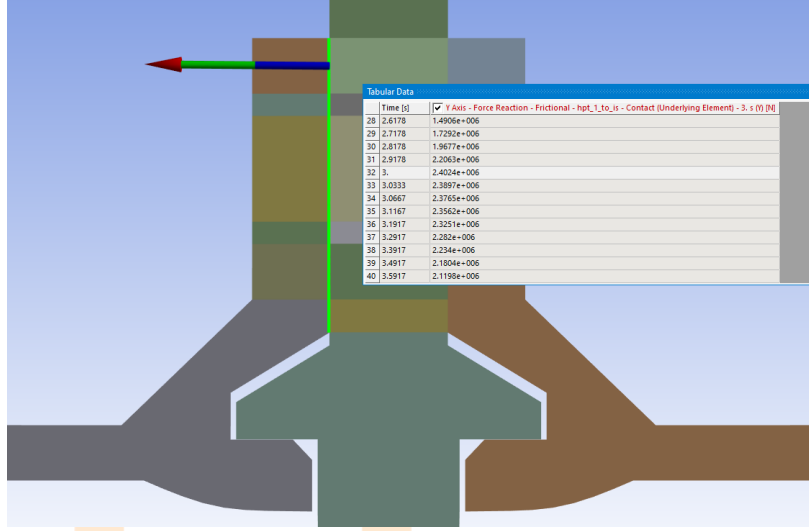
Temas bağlantılarının modellenmesinde Ansys'in sunduğu Contac175 ve Targe169 elemanları kullanılmıştır. Temas bağlantıları formülasyonları temas eden yüzeylerin penetre etmesine müsaade etmesini hesaba katabilmek amacıyla "Augmented Lagrange" olarak belirlenmiştir. Temas eden yüzeylerdeki çözüm ağlarının tespiti için "Gauss Point" yöntemi tercih edilmiştir. Cıvata ön yükleme kuvvetlerinin temas yüzeylerinden okunabilmesi, temas modellerinin çalıştığını göstermesi açısından önemlidir. Bu durumun kontrol edilmesi için flanş yüzeylerinde, cıvata ön yüklemesi anındaki tepki kuvvetleri hesaplanmıştır.



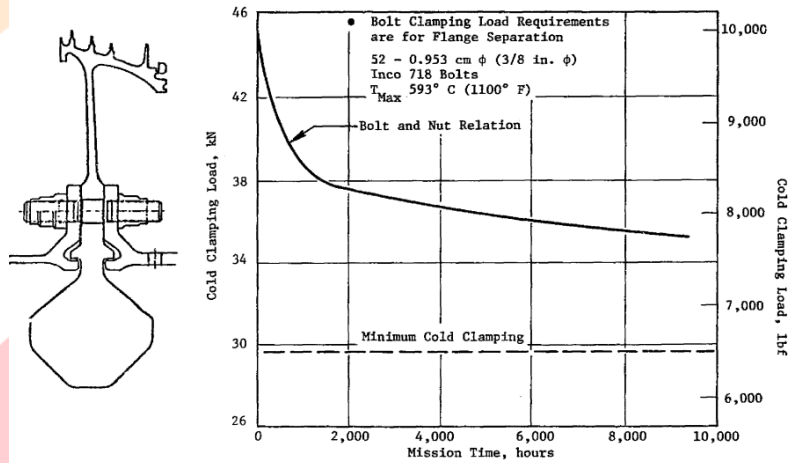
Şekil.10: Birinci flanş bölgesi için temas bağlantısından okunan tepki kuvveti.



Şekil 11: Birinci flanş civatalarına uygulanan ön yüklem kuvveti [11].

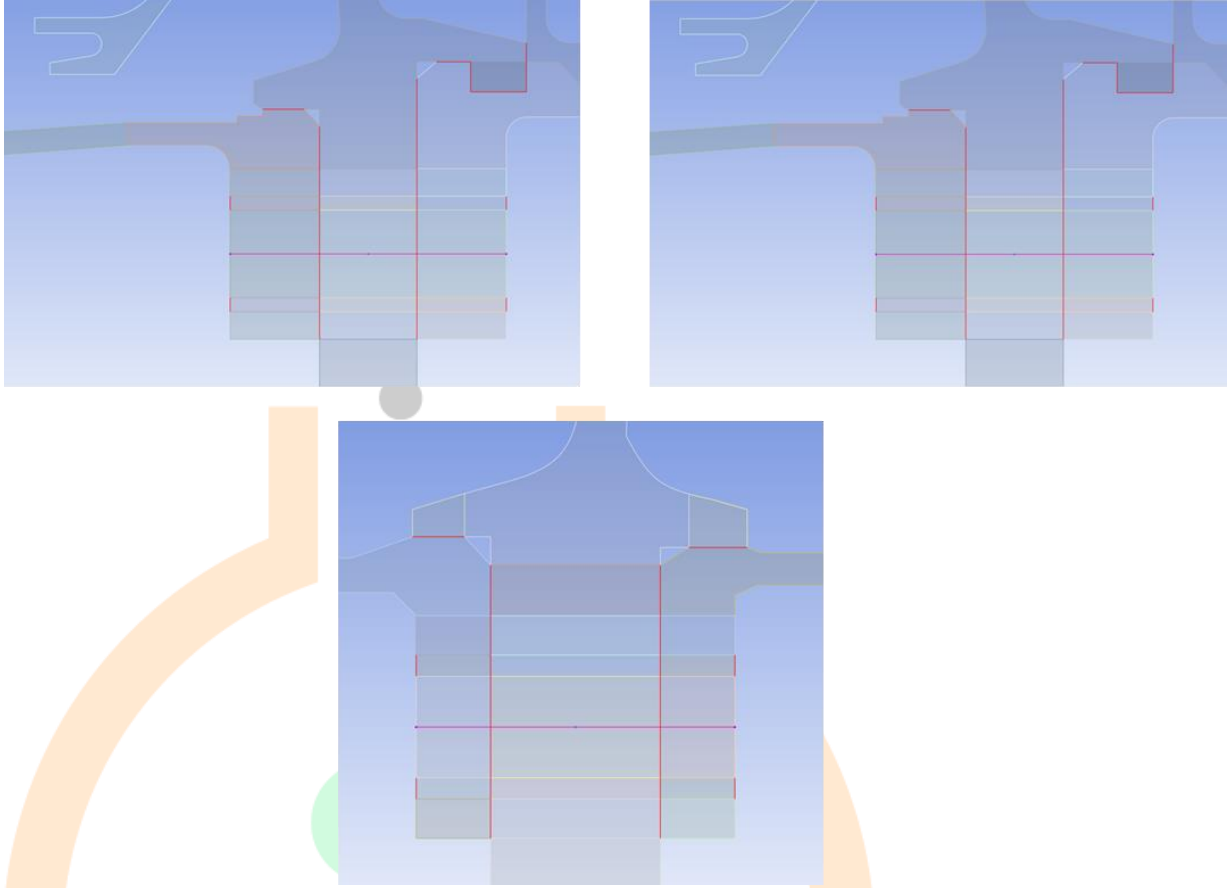


Şekil.12: İkinci flanş bölgesi için temas bağlantısından okunan tepki kuvveti.



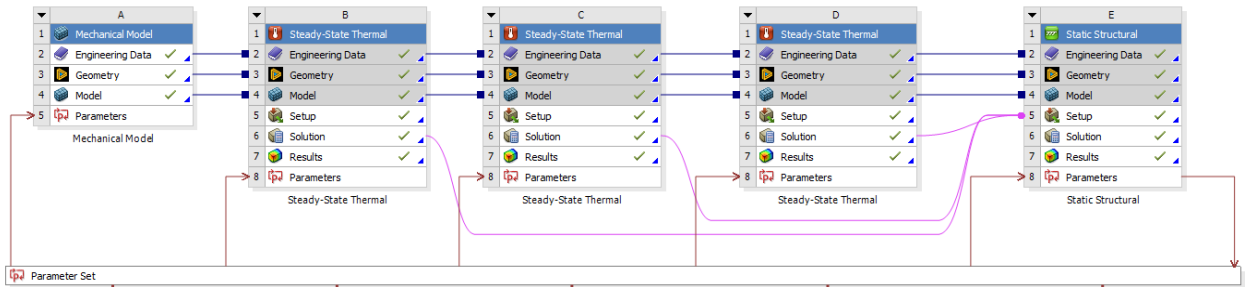
Şekil0.13: İkinci flanş civatalarına uygulanan ön yüklemeye kuvveti [11].

Elde edilen sonuçlar, civatalara uygulanan ön yüklemeye kuvvetlerinin temas yüzeylerinden okunabildiğini göstermektedir. Bu durum, temas bağlantısı modellemelerinin çalıştığını doğrulamaktadır.



Şekil 0.14: Sonlu elemanlar modellerinde kurulan temas bağlantıları.

Analiz iş akışı, ilgili tasarım raporunda verilen görev profili dikkate alınarak oluşturulmuştur [1]. Türbin modülü montajlı rotor grubu için hizmet ömrünün en kısa olduğu yüklem koşulları motor çalışmasının ardında 40, 875, ve 1700.saniyeler olarak belirtilmiştir [11].



Şekil.15: Flanş bölgeleri için oluşturulan analiz iş akışı.

Vekil Model Oluşturma Çalışmaları

Vekil modellerin oluşturulmasında girdi ve çıktı parametreleri, flanş tasarımlarının yapısal bütünlük değerlendirmelerinde kullanılan kriterlere göre belirlenmiştir.

Tablo 2: Vekil modeller için belirlenen girdi parametreleri.

	Vekil Model #1	Vekil Model #2	Vekil Model #3
Flanş et kalınlıkları	+	+	+
Cıvata boyutları	+	+	+
Cıvata konumları	+	+	+
Cıvata adetleri	+	+	+
Cıvata ön yükleme kuvveti	+	+	+
Yivli bölgelerdeki sıkı geçme miktarları	+	+	+

Tablo 3: Vekil modeller için belirlenen çıktı parametreleri.

	Vekil Model #1	Vekil Model #2	Vekil Model #3
Flanş tepki kuvvetleri	+	+	+
Yivli bölgelerdeki tepki kuvvetleri	+	+	+
Delik bölgelerindeki VM gerilmeleri	+	+	+
Flanş bölgesi kütlesi	+	+	+
Flanş bölgesi ezilme gerilmeleri	+	+	+
Yivli bölgelerdeki ezilme gerilmeleri	+	+	+
Cıvatalarda oluşan Von Mises gerilmeleri	+	+	+

Vekil modellerde kullanılan deney tasarım kümelerindeki parametrelerin alt ve üst değer sınırları ilgili tasarım raporundaki yüklerle, ve ölçeklendirilen boyutlara göre belirlenmiştir.

Tablo 4: Vekil model girdi parametreleri için alt ve üst sınır değerleri.

	Vekil Model #1	Vekil Model #2	Vekil Model #3
Sağ flanş et kalınlık değişimi [mm]	[-5,10]	[-4, 6]	[-4, 6]
Sol flanş et kalınlık değişimi [mm]	[-5, 10]	[-4, 6]	[-4, 6]
Cıvata yarı çap değişimi [mm]	[-4, 6]	[-2, 5]	[-2, 5]
Cıvata konum değişimi [mm]	[-2, 10]	[-3, 5]	[-1.5,10]
Cıvata adeti	[20,70]	[30,70]	[20, 60]
Cıvata toplam ön yükleme kuvveti [kN]	[300, 500]	[200, 400]	[200, 400]
Sol yiv sıkı geçme miktarı [mm]	[0.01, 0.1]	[0.01, 0.1]	[0.01, 0.1]
Sağ yiv sıkı geçme miktarı [mm]	[0.01, 0.1]	[0.01, 0.1]	[0.01, 0.1]

Vekil Model Başarımları

Vekil model başarımları belirlilik katsayısı R^2 ve göreceli kök ortalama kare hatası (RRMSE) olarak hesaplanmıştır. Tablo.4, Tablo.5, ve Tablo.6’da ilgili flanşların civata delik bölgelerindeki gerilmelerin tahminine dair başarımların metrikleri verilmiştir.

Vekil modellerin, beşinci yükleme adımında delik bölgelerindeki eş değer Von Mises gerilmelerini tahmin etmedeki başarımları ilgili metriklerle verilmiştir. Beşinci yükleme adımının seçilme sebebi E3 FPS motorunun kalkış (ing. Take-off) görevindeki termal ve mekanik yüklerin bu adımda uygulanıyor olmasıdır.

Tablo 5: Vekil Model #1 civata delik gerilmeleri için başarımların metrikleri.

Metrik		Civata Deliği Gerilmeleri (t = 5)		
		HP Shaft	Inducer Disk	Rotor #1
R^2	Eğitim Noktalarında	1	1	1
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.9989	0.9985	0.9967
RRMSE	Eğitim Noktalarında	0	0.062371	0
	Doğrulama Noktalarında	0.47735	0.42614	0.57139
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.5032	0.3518	0.65814

Tablo 6: Vekil Model #2 civata delik gerilmeleri için başarımların metrikleri.

Metrik		Civata Deliği Gerilmeleri (t = 5 için)		
		Rotor #1	Interstage Disk	Rotor #2
R^2	Eğitim Noktalarında	1	0.99998	1
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.9998	0.9995	0.9995
RRMSE	Eğitim Noktalarında	0.015098	0.031997	0
	Doğrulama Noktalarında	0.22709	0.29737	0.289
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.10033	0.15167	0.15439

Tablo 7: Vekil Model #3 civata delik gerilmeleri için başarımların metrikleri.

Metrik		Civata Deliği Gerilmeleri (t = 5 için)		
		Rotor #2	Aft Seal Disk	Retainer Arm
R^2	Eğitim Noktalarında	0.99999	1	1
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.9987	0.9997	0.9988
RRMSE	Eğitim Noktalarında	0.030515	0	0
	Doğrulama Noktalarında	0.46737	0.06762	0.48147
	Eğitim Noktalarında Çapraz Doğrulama	0.46932	0.17065	0.48124

Vekil modeller için elde edilen başarımlar, optimizasyon çalışmalarında kullanılmasına imkan vermektedir. Yapısal bütünlük kriterlerinin incelenmesinde kullanılan diğer değişkenler için elde edilen başarımların metrikleri 0.98 belirlilik katsayısı R^2 ve %2’den az göreceli kök ortalama kare hatası (RRMSE) olarak hesaplanmıştır.

Optimizasyon Çalışmaları

Optimizasyon çalışmalarında yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan flanş tasarımlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda flanş delik bölgesi gerilmeleri, temas yüzeylerindeki ezilme gerilmeleri, temas bağlantılarında oluşan tepki kuvvetlerinin yüklemeye zamanlarına bağlı olarak değişimleri, ve flanş bölgesi kütlesi değerlendirmeye katılmıştır.

Birinci vekil modelin optimizasyonu için kullanılan formülasyon Eşitlik.1’de verilmektedir.

$$\text{Min} \quad -(\sigma_{UTS} - K_t * \sigma_{delik_i})$$

$$\begin{aligned} \text{S.t} \quad & m_{\text{flanş}} \\ & F_{\text{flanş}_{t3}} \geq 2,652\text{kN} \\ & F_{\text{flanş}_{k,t3}} \geq 0.6 \\ & F_{\text{yiv}_{m,t3}} \geq 0.6 \\ & \sigma_{\text{yiv}_{(m,t_p)}} \leq 600 \text{ [MPa]} \\ & \sigma_{\text{flanş}_{(k,t_p)}} \leq 600 \text{ [MPa]} \\ & \sigma_{\text{civata,on_yukleme}} \leq 765 \text{ [MPa]} \\ & 2 \times (150.87 - \Delta_{\text{civata},x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times \text{civata_adedi}}\right) \geq 2x2(r_{\text{civata}} + \Delta r_{\text{civata}}) \\ & 2 \times (150.87 - \Delta_{\text{civata},x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times \text{civata_adedi}}\right) \leq 4x2(r_{\text{civata}} + \Delta r_{\text{civata}}) \\ & \frac{(2r_{\text{civata}} + 2\Delta r_{\text{civata}})}{14.1454 + \Delta x_{\text{flanş},1} + \Delta x_{\text{flanş},2} + 26} \geq 3 \\ & \frac{(2r_{\text{civata}} + 2\Delta r_{\text{civata}})}{14.1454 + \Delta x_{\text{flanş},1} + \Delta x_{\text{flanş},2} + 26} \leq 5 \\ & k, m \in \{1,2\} \\ & p \in \{4,5,6\} \\ & i \in \{1,2,3\} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Formülasyonda iki adet amaç fonksiyonu mevcuttur. Birincisi yorulma ömrü isterlerinin sağlanması amacıyla, civata delik bölgesinde oluşan gerilmelerin malzeme çekme

dayanımından az olmasını amaçlamaktadır. İkinci amaç fonksiyonu ise flanş bölgesinin kütlesinin minimizasyonu üzerinedir.

Birinci kısıt fonksiyonu, ilgili tasarım raporunda [1] belirtildiği üzere kalkış görevi sırasında tork aktarımının yapılacağı flanş yüzeylerinde var olması istenen en düşük tepki kuvvetini göstermektedir. Burada hesaplanan tepki kuvveti, ilgili görev noktası anında cıvatalar üzerinde mutlaka olması istenen minimum ön yükleme kuvvetine (ing. Minimum clamping load [1]) karşılık gelmelidir.

İkinci kısıt fonksiyonu, temas bağlantılarının E3 FPS motorunun görev profilinde bulunan ardışık üç görev noktasında da çalışıyor durumda olmasını dikte etmektedir. Burada amaçlanan, ilgili tasarım raporunda da [1] bahsedildiği üzere flanş bölgelerinde relatif bir kayma hareketinin veya ayrılma durumunun yaşanmamasını sağlamaktır. Dolayısıyla her yükleme adımında flanş yüzeylerinden okunan tepki kuvvetlerinin, üçüncü yükleme adımında uygulanan flanş ön yükleme kuvvetine oranı 0.6 değerinin altına düşmemelidir. Bu değer daha da iyileştirilmesi görev profilindeki tüm noktalar için istenen tork değerinin bilinmesiyle mümkün olabilir.

Üçüncü kısıt fonksiyonu, yiv bölgesi temas bağlantılarının açılmasını kısıtlamak üzerine oluşturulmuştur. Tork aktarımı için minör etkisi olsa da [1] bu bölgedeki temas bağlantılarının çalışmasını garantilemek için cıvata ön yükleme kuvvetinin uygulandığı üçüncü yükleme adımındaki yiv temas bağlantılarından okunan tepki kuvvetlerinin dördüncü, beşinci, ve altıncı yükleme adımlarındaki düşüş miktarları sınırlandırılmıştır.

Dördüncü ve beşinci kısıt fonksiyonları ise temas bağlantılarının tanımandığı yiv ve flanş bölgelerindeki ezilme gerilmelerinin (crush stress), malzemenin akma dayanımından belli bir emniyet katsayısını garantileyecek kadar düşük olması şeklinde tanımlanan yapısal bütünlük kriterine dayanmaktadır [2].

Altıncı kısıt fonksiyonu ilgili tasarım raporunda da belirtildiği üzere yüksek sıcaklıkta çalışan cıvataların zaman içerisinde göstereceği gerilme gevşemesi davranışını sınırlamayı amaçlamaktadır. Gerilme gevşemesi, sürünme (ing. creep) hareketinin bir sonucu olup cıvataya uygulanan ön yükleme kuvvetinin zaman içerisinde düşmesine ve flanş yüzeylerinin temas bağlantılarının açılmasına sebep olacaktır. Sürünme hızı, artan gerilmelerle artacağı için cıvataların maruz kalacağı gerilme miktarının ilgili tasarım raporunda verilenden düşük olması amaçlanmıştır.

Yedi ve sekizinci kısıt fonksiyonları Nasa Fastener Design Manual [5] kaynağında belirtildiği üzere cıvataların boyut, konum, ve adetlerini; komşu flanş deliklerinde oluşan 3B gerilme alanlarının birbirini etkilemesini engelleme amacıyla oluşturulmuş geometrik kısıtlardır. Kısıt fonksiyonlarında kullanılan $\Delta_{civata,x}$ terimi cıvata konumunun radyal doğrultuda değişimini ifade etmektedir.

Dokuz ve onuncu kısıt fonksiyonları da geometrik kısıtlar olup, cıvata çapının uzunluğuna oranını kısıtlamaktadır. Cıvata çapının, uzunluğuna oranı cıvatanın sürünme dayanımıyla ters orantılıdır [28]. Bu kısıtlar ile ilgili oranının belirtilen aralıklarda [28] kalması sağlanmış olup aynı zaman flanş bölgesindeki et kalınlıkları için de geometrik kısıtlar oluşturulmuştur. Kısıt fonksiyonlarında kullanılan r_{civata} terimi cıvata yarıçapını, ve Δr_{civata} terimi ise cıvata yarı çapındaki değişimi ifade etmektedir. $\Delta x_{flanş,1}$ ve $\Delta x_{flanş,2}$ terimleri ise flanşların et kalınlıklarındaki değişimleri ifade etmektedir.

İkinci vekil modelin optimizasyonu için kullanılan formülasyon Eşitlik.2’de verilmektedir.

$$\text{Min} \quad -(\sigma_{UTS} - K_t * \sigma_{delik_i})$$

m_flanş

S.t

(2)

$$\begin{aligned}
 F_{flanş,t3} &\geq 1,750\text{kN} \\
 F_{flanş_{k,to,t3}} &\geq 0.6 \\
 F_{yiv_{m,to,t3}} &\geq 0.6 \\
 \sigma_{yiv_{(m,tp)}} &\leq 600 \text{ [MPa]} \\
 \sigma_{flanş_{(k,tp)}} &\leq 600 \text{ [MPa]} \\
 \sigma_{civata,on_yukleme} &\leq 765 \text{ [MPa]} \\
 2 \times (150.87 - \Delta_{civata,x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times civata_adedi}\right) &\geq 2x2(r_{civata} + \Delta r_{civata}) \\
 2 \times (150.87 - \Delta_{civata,x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times civata_adedi}\right) &\leq 4x2(r_{civata} + \Delta r_{civata}) \\
 \frac{(2r_{civata} + 2\Delta r_{civata})}{14.1454 + \Delta x_{flanş,1} + \Delta x_{flanş,2} + 26} &\geq 3 \\
 \frac{(2r_{civata} + 2\Delta r_{civata})}{14.1454 + \Delta x_{flanş,1} + \Delta x_{flanş,2} + 26} &\leq 5 \\
 k, m &\in \{1,2\} \\
 p &\in \{4,5,6\} \\
 i &\in \{1,2,3\}
 \end{aligned}$$

Üçüncü vekil modelin optimizasyonu için kullanılan formülasyon Eşitlik.3'te verilmektedir.

$$\text{Min } -(\sigma_{UTS} - K_t * \sigma_{delik_i})$$

m_flanş

S.t

(5.3)

$$\begin{aligned}
 F_{flanş,t3} &\geq 1,456\text{kN} \\
 F_{flanş_{k,to,t3}} &\geq 0.6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yiv_{m,t_3}} &\geq 0.6 \\
 \sigma_{yiv_{(m,t_p)}} &\leq 600 \text{ [MPa]} \\
 \sigma_{flans_{(k,t_p)}} &\leq 600 \text{ [MPa]} \\
 \sigma_{civata,on_yukleme} &\leq 765 \text{ [MPa]} \\
 2 \times (150.87 - \Delta_{civata,x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times civata_adedi}\right) &\geq 2x2(r_{civata} + \Delta r_{civata}) \\
 2 \times (150.87 - \Delta_{civata,x}) \times \sin\left(\frac{360}{2 \times civata_adedi}\right) &\leq 4x2(r_{civata} + \Delta r_{civata}) \\
 \frac{(2r_{civata} + 2\Delta r_{civata})}{14.1454 + \Delta x_{flans,1} + \Delta x_{flans,2} + 26} &\geq 3 \\
 \frac{(2r_{civata} + 2\Delta r_{civata})}{14.1454 + \Delta x_{flans,1} + \Delta x_{flans,2} + 26} &\leq 5 \\
 k, m &\in \{1,2\} \\
 p &\in \{4,5,6\} \\
 i &\in \{1,2,3\}
 \end{aligned}$$

Optimizasyon Çalışmaları Sonuçları

Yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar her üç flanş bölgesi için de elde edilebilmiştir. Karar değişkenleri için hesaplanan değerler vekil modellerin tahminleridir.

Tablo 8: Birinci flanş bölgesi için yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar.

Tasarım Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2	Tasarım #3
Cıvata sayısı	31	29	30
Cıvata Merkez Konumu [mm]	149.1195	149.0884	149.2421
r_cıvata [mm]	7.5955	7.5258	7.5702
Flanş #1 Et Kalınlığı	14.5881	14.5608	15.3625
Flanş #2 Et Kalınlığı	16.8984	16.5462	16.1676
μ_{sol} [mm]	0.0189	0.013936489	0.0125923
$\mu_{sağ}$ [mm]	0.0327	0.022725449	0.0327374
$F_{(on_yukleme)}$ [kN]	3902	3707	3805

Tablo 9: Birinci flanş bölgesi optimum tasarımlar için karar değişkenlerinin değerleri.

Karar Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2	Tasarım #3
m_flanş [kg]	6.5151	6.6090	6.6507
σ_{delik_1} [MPa]	208.9320	223.816	220.048
σ_{delik_2} [MPa]	375.0880	374.2	377.432
σ_{delik_3} [MPa]	333.8160	339.272	330.648

Tablo 10: İkinci flanş bölgesi için yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar.

Tasarım Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2	Tasarım #3
Cıvata sayısı	56	53	54
Cıvata Merkez Konumu [mm]	203.960825	204.082558	204.20768
r_cıvata [mm]	4.632217915	4.7112	4.808277
Flanş #1 Et Kalınlığı	7.2789	7.341161	7.584888
Flanş #2 Et Kalınlığı	10.3596	10.237203	10.661422
μ_{sol} [mm]	0.029678041	0.026493491	0.0294233
$\mu_{sağ}$ [mm]	0.044085331	0.01275017	0.0812661
$F_{(on_yukleme)}$ [kN]	2764	2814	2902

Yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan tasarımlar için optimizasyon çalışmalarında karar değişkeni olarak tanımlanan çıktı parametrelerinin değerleri Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 11: Optimum tasarımlar için karar değişkenlerinin değerleri.

Karar Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2	Tasarım #3
m_flaş [kg]	6.3609	6.423483587	6.60215153
σ_{delik_1} [MPa]	310.7228086	317.6776003	309.824529
σ_{delik_2} [MPa]	391.7619767	394.1332312	395.790745
σ_{delik_3} [MPa]	315.6361879	329.2136793	305.698287

Tablo 12: Üçüncü flaş bölgesi için yapısal bütünlük kriterlerini sağlayan optimum tasarımlar.

Tasarım Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2
Cıvata sayısı	58	55
Cıvata Merkez Konumu [mm]	162.85735	162.95908
r_cıvata [mm]	4.11854	4.62429
Flaş #1 Et Kalınlığı	4.9215	5.059
Flaş #2 Et Kalınlığı	8.2565	8.565953
μ_{sol} [mm]	0.0334805	0.0370825
$\mu_{\text{sağ}}$ [mm]	0.0254835	0.0243847
$F_{\text{(on_yukleme)}}$ [kN]	2198	2146

Tablo 13: Optimum tasarımlar için karar değişkenlerinin değerleri.

Karar Değişkenleri	Tasarım #1	Tasarım #2
m_flaş [kg]	4.0401077	4.1100087
σ_{delik_1} [MPa]	186.59379	176.12174
σ_{delik_2} [MPa]	256.53292	244.89435
σ_{delik_3} [MPa]	215.38409	206.95584

Optimizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen flaş tasarımlarının, başlangıç durumuna göre sunduğu iyileştirmeler Tablo.13'te verilmektedir.

	Başlangıç	Son Durum		

	Kütle [kg]	Von Mises Gerilmeleri [MPa]	Kütle [kg]	Von Mises Gerilmeleri [MPa]	Hafifletme [%]	Gerilme [%]
Flanş #1	6.5151	314.2058573	5.993892	305.9453333	8.695652174	-2.7
Flanş #2	7.68841983	336.9733333	6.3609	338.6666667	20.87	-0.5
Flanş #3	4.32684	245.6533333	4.04	219.3333333	7.1	-12

Elde edilen sonuçlar E3 yüksek basınçlı türbin modülünün montajlı rotor grubu geometrisi baz alınarak oluşturulan jenerik modele göre her üç flanş bölgesi için de sırasıyla %8, %21, ve %7 mertebelerinde kütle hafifletmesi ve sırasıyla %2.7, -%0.5 ve %12 mertebelerinde gerilmelerin azalması yönünde iyileştirmeler sağlandığını göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Civatalı flanş bağlantıları, uçak motorlarında sıklıkla kullanılan tasarımlardır. Yağışal bütünlük kriterlerin göre tasarımların yapılabilmesi adına verimli ve yüksek doğruluklu yöntemlerin geliştirilmesi tasarım faaliyetlerini hızlanması ve verimliliğin artması için elzemdir.

Bu çalışmada vekil modeller kullanılarak flanş bağlantılarının yapısal bütünlük kriterlerine uygun tasarlanabilmesi adına çok amaçlı optimizasyon faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, doğrusal olmayan temas bağlantılarının ve zamana bağlı değişken yüklerin mevcut olduğu uçak motoru gibi kompleks yapılarda yapısal bütünlüğün sağlanabilmesi için vekil model kullanımının ve çok amaçlı optimizasyon tekniklerini uygulamanın mümkün olduğunu göstermektedir. Başlangıç durumuna göre her üç flanş bölgesi için de sırasıyla %8, %21, %7 mertebelerinde hafifletme ve sırasıyla %2.7, -%0.5 ve %12 mertebelerinde gerilmelerin azalması yönünde iyileştirmeler sağlanmıştır.

Civatalarda meydana gelen gerilme gevşemelerinin yapısal analiz iş akışına dahil edilmesi yapısal bütünlük çalışmalarını doğruluğunu artıracak önemli bir faaliyettir. Flanş bağlantılarının, montajlı rotor modüllerinin rotordinamik karakteristiğine etkilerinin mevcut çalışmaya dahil edilebilmesi de gelecek çalışmalar için bir başlangıç noktası olarak değerlendirilebilir.



Kaynakları

- [1] Halila, E. E. (1982). Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/citations/19840020719>
- [2] Czachor, R. P. (2003a). Unique challenges for bolted joint design in high-bypass turbofan engines. *Volume 1: Turbo Expo 2003*. doi:10.1115/gt2003-38042
- [3] (N.d.-a). Retrieved from <https://courses.ansys.com/wp-content/uploads/2020/09/Connecting-Bolts-Represented-as-Beam-Elements.pdf>
- [4] Kim, J., Yoon, J.-C., & Kang, B.-S. (2007a). Finite element analysis and modeling of structure with bolted joints. *Applied Mathematical Modelling*, 31(5), 895–911. doi:10.1016/j.apm.2006.03.020
- [5] Barrett, R. T. (1990). Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19900009424/downloads/19900009424.pdf>
- [6] Gutzwiller, D. P., & Turner, M. G. (2010a). Low Fidelity Turbomachinery Disk Design Studies. *Volume 6: Structures and Dynamics, Parts A and B*. doi:10.1115/gt2010-22733



Türkiye Fındık Bahçelerinde Yeni Bir Zararlı, Esmer Odun Termiti [*Kaloterme flavicollis* (Fabricius, 1793) (Isoptera: Kalotermitidae)]

*Mansur ULUCA*¹

*Celal TUNÇER*²

*Kibar AK*³

*İsmail Oğuz ÖZDEMİR*⁴

Özet

Termitler, tropikal iklim kuşağında yetişen bazı tarım ürünlerinde, bitki örtüsünde ve ahşap yapılarda önemli ekonomik kayıplara neden olan zararlılardır. Bunlardan birisi olan Esmer odun termiti, *Kaloterme flavicollis* (Isoptera: Kalotermitidae) zeytin, turunçgil, bağ ve incirde ölü veya zayıf odun dokularında beslenerek zarar yapan önemli bir termit türüdür. Bunun yanı sıra ahşap yapılarda önemli zararlara sebep olmaktadır. Ülkemizde Muğla, İstanbul, Bartın ve Zonguldak illerinde bulunduğu rapor edilmiştir. Bu çalışma ile Samsun ili fındık bahçelerinde yürütülen sürveyler sonucunda tespit edilen *K. flavicollis*'in fındıktaki zarar durumu ve riskleri değerlendirilmiştir. Üstelik bugüne kadar Türkiye'de kültür bitkilerinden sadece zeytinde zarar yaptığı tespit edilen bu türün bu çalışma ile fındıktaki zararı ilk kez rapor edilmektedir. 2022 yılı Ağustos ve Eylül aylarında Samsun ili Tekkeköy ilçesinde yapılan gözlemler esnasında fındık ocaklarının kök boğazında tespit edilen yoğun termit popülasyonunun verim çağındaki fındık dallarının içinde galeriler açarak zarar yaptığı, zayıflayan dalların kırılmasına veya hızlı bir şekilde kurumasına sebep olduğu belirlenmiştir. Termitle bulaşık fındık ocaklarının 0-30 cm'lik kısmındaki termit yoğunluğunun ve 30-90 cm'lik kısımdan daha fazla olduğu; dolayısıyla enfeksiyon başlangıcının kök boğazına yakın kısımdan gerçekleştiği görülmüştür. Neticede bölgedeki fındık zararlı faunası için yeni bir zararlı olan *Kaloterme flavicollis*'in bundan sonra yapılacak sürvey ve araştırmalarda değerlendirilmek üzere temel biyolojisi, konukçuları, yayılış alanları ve zararı açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termitler, Fındık, Karadeniz Bölgesi.

¹ Ziraat Yük. Müh., Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü, Orcid: 0000-0001-9805-6464

² Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Orcid: 0000-0002-9014-8003

³ Doç. Dr., Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Islah Ana Bilim Dalı Başkanlığı, Orcid: 0000-0002-8004-2686

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni., Ziraat Fak., Bitki Koruma Bölümü, Orcid: 0000-0001-9095-2109

1. GİRİŞ

Termitler, ahşap yapılara, bitki örtüsüne ve tarımsal ürünlere önemli derecede zararlar vererek sebep oldukları ekonomik kayıplarla bilinen yaygın bir zararlı grubu olup, dünya genelindeki coğrafi yayılışı 45 ve 50° kuzey ve güney enlemleri arasındadır (Paul vd., 2018). Yüksek bağıl nem oranına sahip tropikal bölgelerde termit popülasyonlarına hem toprak altında (höyük ve galerilerde) hem de toprak üstünde (ağaç gövdelerindeki galeriler) rastlanabilmektedir. Yaşam alanlarına bağlı olarak kültür bitkilerinde veya ahşap materyallerde beslenerek yaşamını sürdürmektedir. Termitler, hem tarımsal hem de tarımsal olmayan ekosistemlerdeki besin içeriği yüksek ve dünyadaki en bol organik madde olan selülozun ayrıştırılarak karbon döngüsünde geniş ölçekli katkısı olan başlıca böcekler arasında yer almaktadır (Abe ve Higashi, 2001; Traore' vd., 2015). Zira tropikal ekosistemlerin topraktaki hayvan biyokütlesinin %10'unu termitler oluşturmaktadır (Van Huis, 2017).

Termitlerin yaşam alanı kültür bitkileri ya da ahşap yapılar olduğunda direkt olarak zararlı statüsünde değerlendirilmektedir. ABD'de yer altı termitlerinin neden olduğu tahribat ve mücadele maliyeti yıllık 2 milyar dolara, dünya genelinde ise 40 milyar dolara ulaşmaktadır (Ahmad vd., 2021; Culliney ve Grace 2000). Ülkemizde ise termitlerin kültür bitkilerindeki zararından daha ziyade kültür mirası sayılan tarihi ahşap yapılardaki zararına ve ahşap sanayisindeki mücadelesine odaklanılmıştır (Arpacı ve Tomak, 2020; Kaygın vd., 2011; Kayahan, 2016).

Isoptera takımı toplam 7 familyadan oluşmakla birlikte en fazla zarara sebep olan termitlerin Rhinotermitidae, Kalotermitidae, Hodotermitidae ve Termitidae familyalarına ait olduğu bildirilmiştir. Şu ana kadar tespit edilen 2500 termit türünden yaklaşık 300 türünün zararlı olduğu tespit edilmiştir. Hindistan'da bilinen 337 termit türünden 35'inin ahşap yapılara ve tarımsal ürünlere zarar verdiği tespit edilmiştir (Paul vd., 2018). Dolayısı ile spesifik iklim kuşaklarındaki zararlı termitlerde bölgeye özelleşen türler bulunmakta veya belli türlerin zararı öne çıkmaktadır. Avrupa'nın güneyinde ve Türkiye'de ise *Kalotermites flavicollis* (Fabricius, 1793) (Isoptera, Kalotermitidae) ve *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) yaygın termit türleridir (Austin vd., 2002; Clément vd 2001; Lodos 1989; López vd., 2000). Zonguldak ile Bartın'da *K. flavicollis* ve *R. lucifugus*'in ahşap yapılardaki ve depolardaki yoğun popülasyonu ve buna bağlı olarak oluşan zarar durumu ele alınmıştır. Araştırmada bu türlerin Orta ve Batı Karadeniz bölgesine doğru yayıldığı belirlenmiştir (Kaygın vd., 2011). Fakat her geçen yıl popülasyonun yayıldığı tespit edilen bu türlerin ülkemizde zeytin bahçeleri dışında kültür bitkilerinde zararlı olup olmadığına yönelik bir çalışma bulunmamaktadır (Bozbuğa ve Elekçioğlu, 2008).

Bu çalışma, Samsun'un Tekkeköy ilçesinde verim çağındaki fındık ocaklarında yoğun miktarda saptanan *K. flavicollis*'in tespiti ile fındık bahçelerindeki termit varlığı ve zararına ilişkin ilk kayıt niteliği taşımaktadır. Dolayısı ile bu termit türünün sonraki yıllarda bölgedeki fındık bahçelerinde yayılma riskine binaen yayılışı, konukçuları ve zarar potansiyeli irdelenmiştir.

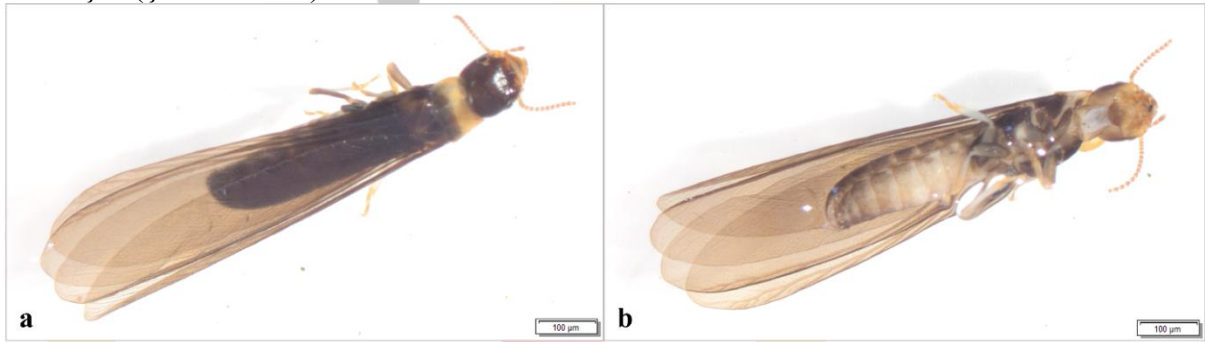
2. MATERYAL VE METOT

Samsun İlinin Tekkeköy İlçesinde (41°10'9.55"K: 36°33'8.53"D), 2022 yılının Ağustos ve Eylül aylarında yapılan surveyde gözle inceleme metoduyla 12 dekarlık bir fındık bahçesinde termit popülasyonu tespit edilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; 23 Ağustos 2022 tarihinde çalışma yapılan alanın 6 farklı noktasından bulaşık olduğundan şüphelenilen ocaklardan seçilen dallar kök boğazına yakın noktalardan budama testeresiyle kesilerek ortadan ikiye

yarılmış ve alınan termit numuneleri teşhis için %95'lik alkol tüplerde muhafaza edilmiştir. Numuneler, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi'ne gönderilerek tür teşhisi yapılmıştır. Numunelerin fotoğrafları ise OLYMPUS SZ61 stereomikroskop ile tarafımızca çekilmiştir. 29 Ağustos 2022 tarihinde de termit bulaşıklığının kapsamını belirlemek için ilk tespiti yapıldığı bahçeye komşu fındık bahçelerinde de gözlem ve incelemeler yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucunda 15 yaşında Palaz çeşidi bir fındık bahçesinde tespit edilen termit türünün *Kaloterme flavicollis* (Fabricius) (Isoptera, Kalotermitidae) olduğu belirlenmiştir. Bu termit türünün Samsun'da ve fındık bahçelerindeki varlığı bu çalışmayla ilk defa kayıt altına alınmıştır (Şekil 1a ve b).



Şekil 1. *Kaloterme flavicollis*'nin kanatlı ergininin (alate kasti) dorsalden görünüşü (a), ventralden görünüşü (b)

Gözlem sonuçlarına göre fındık ocaklarındaki dalların kök boğazı ve orta kısmında galerilerde çok sayıda *K. flavicollis* ergini ve nimfi tespit edilmiştir. Nimf ve erginlerin beslenmesi sonucunda oluşan bu galerilerin kök boğazına yakın olanları birbiriyle birleşerek 2 cm genişliğe ulaşarak dalları zayıflatmakta; hafif bir darbe ile kırılmalarına neden olmaktadır (Şekil 2a, b, c).



Şekil 2. Termitlerin beslenmesi sonucunda kırılan fındık dalları (a,b,c)

Nitekim rüzgar sebebiyle devrilen kalın dallar sayesinde bahçedeki termitler fark edilmiştir. *K. flavicollis*'in fındık bahçesindeki yoğun bulaşma sonucunda özellikle kök boğazına yakın kısımdaki (0-30 cm) odun dokusunun büyük oranda zarar yaptığı tespit edilmiştir (Şekil 3a).



Şekil 3. Termitlerin fındık ocağının kök boğazındaki zararı ve kolonisi (a), dalların içindeki geniş galeriler (b), kambiyumdaki zarar (c)

Bu noktada beslenme sonucunda birleşerek çapı 2 cm'yi aşan uzun galerilerin bitkide hızlı bir ölüme yol açtığı belirlenmiştir (Şekil 3b). Galerilerin sayısı ve çapı, fındık dallarının üst kısımlarına (30-90 cm) doğru azalmaktadır. Kambiyumdaki beslenme sonucunda oluşan galeri ve talaşlı beslenme artıkları sonucunda oluşan çürümeyle ağaç kabuğunun odun dokusundan kolayca ayrıldığı tespit edilmiştir (Şekil 3c). Dolayısıyla ile *K. flavicollis* fındık dallarının farklı katmanlarında beslenebildiği belirlenmiştir.

Termitle bulaşık olan söz konusu fındık bahçesine komşu fındık bahçelerinde yapılan gözlemlerde ise herhangi bir termit popülasyonuna rastlanmamıştır. Dolayısıyla mevcut durumda bulaşıklığının kısmi bir alanda kaldığı görülmektedir.

3.1. Esmer Odun Termiti, *Kaloterme flavicollis* (Fabricius, 1793) (Isoptera, Kalotermitidae)

3.1.1. Tanımı ve Biyolojisi

Kaloterme flavicollis ilk kez 1793 yılında Fabricius tarafından tanımlanarak sarı renkli pronotumu sebebiyle flavi (sarı), collis (boyun) şeklinde isimlendirilmiştir. Yetişkinler 8-10 mm boylarında, zarımsı yapıdaki kanatları yaklaşık 10 mm uzunluğundadır. Prothorax silindirik şeklinde olan bu türün bireylerinin genel renkleri açık sarı ve kahverengidir. Ağız yapısı ısırıcı çiğneyici, antenleri moniform tipindedir. Kolonide sadece kraliçe ve askerler bulunup işçi termitler yoktur (Ferreira vd., 2013; Lodos 1989)

Kış döneminde koloninin beslenme ve yumurta bırakma faaliyetleri durduğundan yeni galeriler açılmaz. Mayıs ayının sonundan itibaren aktif hale gelmeye başlayan koloni iki hafta sonra ilk

nimflerini oluşturmaya başlar. Kışlayan nimfler temmuz ayında kanatlı bireyler olarak koloniyi terk ederek başka yerlerde çiftleşerek yeni alanlarda yeni popülasyonlar oluşturur. Bu erginlerin uçuş periyodu temmuz ayından ekim sonuna, bazı ülkelerde kasım sonuna kadar devam etmektedir. Koloniyi oluşturan ilk erkek ve dişi birey ilk 3 yıl bağırsaklarındaki simbiyotik protozoanlar sayesinde bulunduğu noktadaki odun dokusuyla beslenmektedir. Bu dönemde bir dişi 12 adetlik ilk yumurta kümesini bıraktıktan sonra 10 günlük dinlenme evresine girer. Daha sonra bu birincil kraliçe termit, yumurta bırakma kapasitesini arttırarak koloniyi genişletmeye devam etmektedir. Dolayısıyla 1000-1500 bireyden oluşan bir koloninin oluşması yıllar sürebilir (Lodos 1989; López vd., 2003).

3.1.2. Yayılışı, Konukçuları ve Zararı

Kaloterme flavicollis'in genel olarak Portekiz, İspanya, İtalya, Fransa, İsrail, Lübnan, Libya, Tunus, Cezayir, Fas ve Balkanların yüksek nemli bölgelerinde yayılım gösterdiği kaydedilmiştir. Zeytin, Turunçgil, İncir, bağ gibi çeşitli bitkilerin ölü, zayıf veya hastalıklı odun dokularında zararı bilinmekle birlikte İspanya, Güney Fransa ve İtalya'da bağlardaki zararının oldukça fazla olduğu bildirilmektedir. Özellikle İspanya bağlarında önde gelen zararlılar arasında yer almaktadır. İsrail'de ise çınar ağaçlarının ana zararlıları arasındadır. Bunun yanı sıra ahşap tarihi yapılarındaki zararıyla da öne çıkmaktadır (Halperin, 1990; Lodos, 1989; López vd 2000; Maistrello vd 2010).

Erginleri asmalarda budama yaralarından giriş yaparak koloni oluşturmada ve zaman içinde galerilerini genişleterek bitkinin ölümüne neden olmaktadır (Grassé, 1984; López vd., 2006). Özellikle yaşlı asmaların odun dokusundaki enfeksiyon düzeyi %50'yi aşabilmektedir (López, 1997).

Bu çalışmada *K. flavicollis* ile bulaşık olan fındık bahçesi yaşlı bir bahçe olmamakla birlikte 40 yaşın üstündeki bir bahçesinin kök sürgünleriyle gençleştirilmesi sonucu oluşturulmuş bir plantasyondadır. Dolayısıyla fındık ocaklarının yaşlı kök boğazında yoğunlaşan termit enfeksiyonları ile dolaylı bir ilişkisi olabileceği düşünülmektedir. Fındık bahçesindeki termit saldırısına uğrayan bazı ocaklardaki dalkıran zararının termitlerin ilk giriş noktalarını oluşturma ihtimali, zayıf dalların hedef haline gelebileceği göstermektedir. Bunun yanı sıra; fındık bahçesinin nispeten bakımsız ve kuru tarım yapılan bir bahçe olması, termitlerin bahçeye bulaşmasının bir diğer nedeni de olabilir. Zira kurak mevsimlerde nem stresinin arttığı dönemlerde özellikle kuru tarım yapılan zayıf bitkiler termit istilasına daha duyarlı hale gelebilmektedir (Paul vd., 2018).

K. flavicollis'in ülkemizde genelde ahşap yapılar, odun depoları gibi ölü odun dokularına bulaştığı göz önüne alınırsa meskenlerle içi içe olan bakımsız fındık bahçelerinin dolaylı olarak risk altında olduğu da söylenebilir.

4. SONUÇ

Bu çalışma ile ahşap yapıların ve bazı tarımsal ürünlerin önemli bir zararlısı olan *Kaloterme flavicollis*'in fındık bahçelerinde zarar oluşturduğu ilk kez kaydedilmiştir. Üstelik bu tespitin Samsun'da yapılması, zararlının Orta Karadeniz Bölgesindeki yayılış alanlarını genişlettiğine dair de güncel bir kayıt niteliği taşımaktadır. Fakat bölgedeki fındık bahçelerinde halihazırda Dalkıran, *Xyleborus dispar* ve *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae); Daldelen, *Xyleborinus saxesenii*, (Col.: Curculionidae); Teke böceği, *Oberea linearis*, (Col.: Cerambycidae); Mayıs böceği, *Melolontha melolontha* ve *M. pectoralis*, (Col.: Scarabeidae)] gibi kök ve odun dokusu zararlıları ile entegre mücadelenin belli zorluklarla sürdürüldüğü göz önüne alınırsa zararlı faunasına termitler gibi istilacı bir odun dokusu zararlısının eklenmesi



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

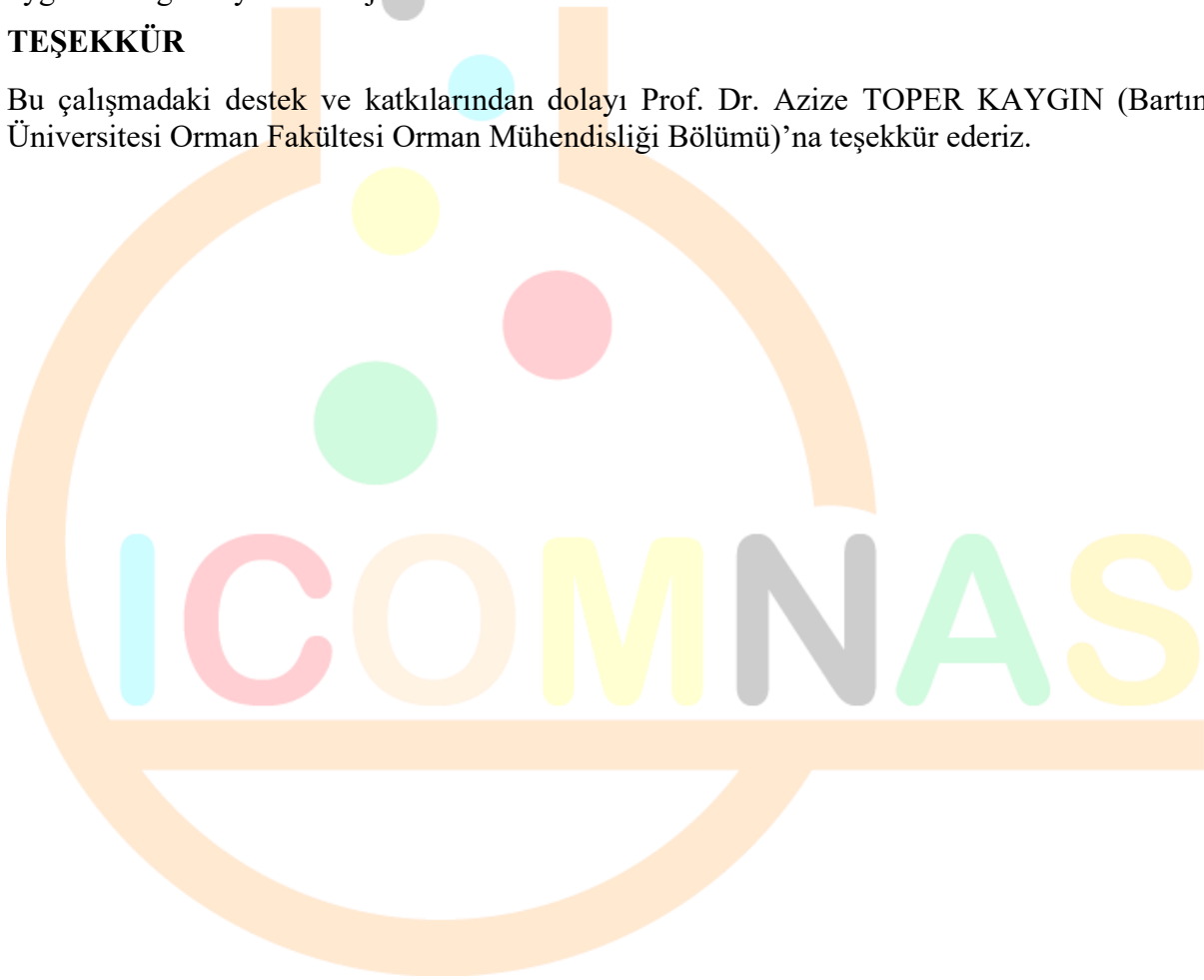
ISBN: 978-625-6488-58-8

findık tarımı açısından bir risk teşkil etmektedir. Dolayısıyla ülkemizde yayıldığı noktalarda genellikle meskenlerde ağır tahribata neden olan bu termit türünün verim dönemindeki findık ocaklarına bulaşmasının tetikleyen muhtemel sebepleri araştırılmalıdır.

Sonuç olarak hususi ve ticari taşımacılık faaliyetlerinin arttığı ve iklim faktörünün belirgin hale geldiği günümüzde, tarımsal havzalara yeni zararlıların bulaşması ve yayılması hızlı bir şekilde gerçekleşebilmektedir. Bu bağlamda önceki yıllarda daha çok Akdeniz iklim kuşağında görülen *K. flavicollis*'in Karadeniz Bölgesinde de görülmeye başlaması anlaşılır hale gelmektedir. Dolayısıyla ülkemiz için stratejik bir önemi olan findıkta hastalık ve zararlı surveylerinin devamlı yapılarak olası bir risk durumunda gereken müdahalenin (eradikasyon, kimyasal mücadele vb.) hızlıca yapılması, iklim değişikliğine bağlı olarak istilacı zararlılara uygun hale gelen yeni ekolojik havzaların önceden belirlenmesi önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki destek ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Azize TOPER KAYGIN (Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü)'na teşekkür ederiz.



KAYNAKÇA

- Abe, T., Higashi, M. (2001). Isoptera. *Encyclopedia of biodiversity*, 408-433. Academic Press. British. 3, 581-611.
- Ahmad, F., Fouad, H., Liang, S. Y., Hu, Y., & Mo, J. C. (2021). Termites and Chinese agricultural system: applications and advances in integrated termite management and chemical control. *Insect science*, 28(1), 2-20. doi: 10.1111/1744-7917.12726.
- Arpacı, S. S., Tomak, E. D. (2020). Yaşlandırma testlerinin ahşap malzemenin özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 654-673. doi: 10.24011/barofd.658875.
- Austin, J. W., Szalanski, A. L., Uva, P., Bagnères, A. G., Kence, A. (2002). A comparative genetic analysis of the subterranean termite genus *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 95(6), 753-760. doi: 013-8746/02/0753.
- Bozbuğa, R., Elekçioğlu, Z. (2008). Pests and natural enemies determined in olive orchards in Turkey. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 87-97.
- Clément, J. L., Bagnères, A. G., Uva, P., Wilfert, L., Quintana, A., Reinhard, J., & Dronnet, S. (2001). Biosystematics of *Reticulitermes* termites in Europe: morphological, chemical and molecular data. *Insectes sociaux*, 48, 202-215. doi: 10.1007/PL00001768.
- Culliney, T. W., Grace, J. K. (2000). Prospects for the biological control of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae), with special reference to *Coptotermes formosanus*. *Bulletin of entomological research*, 90(1), 9-21.
- Ferreira, M. T., Borges, P. A., Nunes, L., Myles, T. G., Guerreiro, O., & Scheffrahn, R. H. (2013). Termites (Isoptera) in the Azores: an overview of the four invasive species currently present in the archipelago. *Arquipélago. Life and Marine Science*, 30, 39-55.
- Grassé, P. P. (1984). Termite anatomy-physiology-biology-systematics. *Termitology*. Paris: FR
- Halperin, J. (1990). Arthropod fauna and main insect pests of plane trees in Israel. *Phytoparasitica*, 18, 309-319.
- Kayahan, K. (2016). Açık alan fitness aletlerinin ahşap malzemeden yapılabiliirliğinin araştırılması. *International Journal of Sport Culture and Science*, 4(Special Issue 1), 319-328. doi: 10.14486/IntJSCS560.
- Kaygın, A. T., Yıldız, Ü. C., Yıldız, S., Çelikyay, S., Kaygın, B., Özkazanç, N. K., Yıldız, Y. (2011). Batı Karadeniz'deki Tarihi Evlerde Zarar Yapan Etmenlerin Belirlenerek Bu Evlerin Korunma ve Süreklilik Olanaklarının Araştırılması. *Tübitak proje raporu, Türkiye, rap. 1060759*, 35, 438-443.
- Lodos, N. *Türkiye Entomolojisi VI. (Genel Uygulamalı ve Faunistik)* E.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, İzmir, 300s., (1989).
- López MA (1997) [Incidence of *Kaloterme flavicollis* in Marco del Jerez. Trials of soft techniques for control of grapevine pests.] PhD Thesis, University of Sevilla (ES) (in Spanish).
- López, M., Ocete, R., Semedo, A., & Macias, J. (2000). Incidence of termites on vineyards belonging to Tierra de Barros (province of Badajoz, SW of Spain). *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 26(2), 167-171.
- López, M. A., Ocete, R., & González-Andujar, J. L. (2003). Logistic model for describing the pattern of flight of *Kaloterme flavicollis* in sherry vineyards. *Eppo Bulletin*, 33(2), 331-333.
- López, M. A., Maistrello, L., Ocete, R. (2006). Incidence, size and structure of grapevine infesting groups of *Kaloterme flavicollis* (Isoptera: Kalotermitidae) in Sherry vineyards (Spain). *Sociobiology*, 47(2), 401-414.



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

Maistrello, L., Ocete, R., & López, M. Á. (2010). Seasonal trends in the social composition and inside-trunk distribution of *Kaloterme flavicollis* (Isoptera: Kalotermitidae) colonizing grapevines. *Environmental entomology*, 39(2), 295-302. doi: 10.1603/EN09225.

Paul, B., Khan, M. A., Paul, S., Shankarganesh, K., & Chakravorty, S. (2018). Termites and Indian agriculture. *Termites and Sustainable Management: Volume 2-Economic Losses and Management*, 51-96.

Traoré, S., Tigabu, M., Jouquet, P., Ouédraogo, S. J., Guinko, S., & Lepage, M. (2015). Long-term effects of *Macrotermes* termites, herbivores and annual early fire on woody undergrowth community in Sudanian woodland, Burkina Faso. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 211, 40-50. doi:10.1016/j.flora.2014.12.004.

Erişim tarihi: 24.09.2023, www.chem.unep.ch/pops/termites/termite_ch4.htm

van Huis, A. (2017). Cultural significance of termites in sub-Saharan Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13, 1–12. doi: 10.1186/s13002-017-0137-z.





Türkiye ve Orta Asya Ülkelerinin Arasındaki Ticarete Dair Geleceğe Yönelik Tahminler

Meretbibi SARBASHEVA¹

Mustafa GÜRSOY²

Özet

Bir ülkenin kalkınabilmesi için diğer ülkeler ile siyasi ve ticari ilişkilerinin kuvvetli olması gereklidir. Orta Asya ile Türkiye ilişkisi hepimizin bildiği gibi kardeşlik boyutundadır. Bunun nedeni bu ülkelerin ana omurgasını oluşturan milletlerin aynı soydan gelen boylardan olmasıdır. Doğal kaynaklar bakımından oldukça zengin olan bu ülkeler konum açısından da dünya ticaretinin kavşağıdır. Dünya ticaretini merkezlerden biri olan Çin Halk Cumhuriyeti'nin Doğu Asya'da bulunması bu durumun ana nedenidir. Orta Asya ve Türkiye'nin Tarihi İpek Yolu koridoru üzerinde olması, dış ticaretin büyümesine ve Avrupa ülkeleri ile ticari ve siyasi ilişkilerin güçlenmesine sebep olmuştur. Orta Asya ülkeleri ve Türkiye'nin halen büyük ticaret koridorları üzerinde olması bu ülkelerin ticari ve siyasi ilişkiler için güvenilir ortaklar olması anlamına da gelir. Çin'in başlatmış olduğu Kuşak ve Yol Girişimi (BRI) ve Çin Ekspres Demiryolu (CR Express) koridorlarında Orta Asya ve Türkiye güzergâhı kullanılması bu ülkelerin dış ticaretinde büyüme olanağı sunacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye ve Orta Asya ülkelerinin birbirleriyle yaptığı ithalat ve ihracatının analizi ve geleceğe yönelik tahminler yapmaktır. T.C Ticaret Bakanlığına göre belirlenen Orta Asya ülkeleri, Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan, Türkmenistan, Özbekistan, Tacikistan ve Kırgızistan'dır. Türkiye ile beraber bu sekiz ülkenin 2010 yılından itibaren 2021 yılına kadar olan sürede birbirleriyle yapmış olduğu ticarete dair veriler kullanılmıştır. Temel veri kaynağı olarak, "The Observatory of Economic Complexity" sitesi esas alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dış Ticaret, Uluslararası Yük Taşımacılığı, Ticari İlişkiler, Orta Asya ve Türkiye Ticareti, Ticaret Analizi

¹ İnşaat Mühendisi YL Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversite, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0009-0009-5537-939X, meretbibi.sarbashev@std.yildiz.edu.tr

² Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversite, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-3782-5941, gursoy@yildiz.edu.tr

GİRİŞ

Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB) 1922 yılında kurulup ve varlığını 1991 yılına kadar sürdürürken Orta Asya ülkeleri de bu birliğin parçası olmuştur. Bağımsızlığını 1991 yılında ilan ederek Orta Asya ülkeleri özgür birer devlet olurken, diğer devletler ile sosyal, siyasal ve ticari ilişkileri özerk bir devlet olarak yeniden oluşturmak mecburiyetinde kalmışlardır. Bu ülkelerin bağımsızlığını tanıyan ilk devlet Türkiye'dir ve bu tarihten itibaren Orta Asya ülkeleriyle ilişkileri bugüne kadar kesintisiz bir şekilde devam etmektedir. Kendi kendini yönetme yetkisini kazanmakla birlikte bu ülkeler, ekonomik güçlenme, dış ilişkiler ile siyasi büyüme, sanayileşme gibi ülkenin kalkınmasını etkileyen zorlukları ile karşı karşıya kalmışlardır. Orta Asya ülkelerinin doğal kaynak bolluğu dış ticaretlerinde hareketliliğin oluşmasının ana nedenlerinden biridir.

Hazar denizi kıyı ülkelerinden Azerbaycan ile Kazakistan'ın sosyal ve siyasal ilişkisi SSCB dönemi öncesine dayanmaktadır. Konum itibariyle de bu iki devletin dış ticarete birbirleriyle ilişkisi oldukça kuvvetlidir. Azerbaycan'ın Çin ile gerçekleştirdiği ticaret ilişkisinde Kazakistan köprü görevi görürken, Kazakistan'ın Türkiye ve Avrupa ülkeleriyle yaptığı ticaretin rotasında Azerbaycan güzergâhı tercih edilmektedir. Bu bağlamda her iki ülke de Hazar denizi kıyı ülkeleri olarak ticaret ilişkilerinde Avrupa ve Asya'yı bağlama görevini yerine getirmektedir.

Azerbaycan'ın diğer sınır ülkesi olan Gürcistan ile ticareti kolaylaştırmak ve teşvik etmek amacıyla diplomatik ilişkileri güçlendirmektedir. Hazar Denizi kıyı ülkeleriyle ticari bağlantılarını oluşturmada Gürcistan Azerbaycan güzergâhı kullanmaktadır. Gürcistan'ın Türkiye ile de sınır ülke olması, Azerbaycan ile Türkiye dış ticaretinde bağlantı noktası olmasını sağlarken aynı zamanda kendi ticaretini de büyütme olanağını sunmaktadır. 2017 yılında açılan Kars-Tiflis-Bakü demiryolu hattı bu üç ülkenin turizm ve lojistik açıdan şimdilik en büyük iş birliği noktasıdır. Bu demiryolu hattı Çin Demiryolu Ekspresi koridorunun da bir parçası olacaktır. Ayrıca "21. Yüzyılın Projesi" olarak nitelendirilen Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı, Azerbaycan'da çıkarılan ham petrolün Ceyhan Terminali'ne ulaştırılarak, tankerlerle Türkiye'nin ve dünyanın çeşitli bölgelerine ulaştırılmasını sağlamaktadır. Bu hattın ilk tanker yüklemesi 2006 yılında yapılmıştır. Buna benzer Gürcistan, Azerbaycan ve Türkiye üç ülke olarak anlaştığı diğer proje de 113 kilometre uzunluğunda Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattıdır (www.botas.gov.tr, erişim yılı 2023).

Bağımsız ülke olarak Azerbaycan'ın 1992 yılında toplam ihracat miktarı 1.483.973.000 ABD doları iken Kazakistan'a ihracat miktarı 38.728.000 ABD doları, Türkiye'ye ihracat değeri 125.617.000 ABD doları ve Gürcistan'a ihracat değeri 61.150.000 ABD doları olmuştur. Dış alımda ise toplam değer 939.865.000 ABD doları olmuştur. Kazakistan'dan ithal edilen toplam değeri 42.534.000 ABD doları iken Türkiye'den ithal edilen toplam emtia değeri 87.107.000 ABD doları olmuştur. Ayrıca Gürcistan'dan ithal edilen toplam mal değeri 18.400.000 ABD doları olmuştur (www.stat.gov.az, erişim yılı 2023).

Bağımsız bir devlet olduktan sonra Kazakistan'ın 1995 yılında dış ticarete yaptığı toplam ihracatı 5.226.721.870 ABD doları ve Türkiye, Gürcistan ve Azerbaycan'a ihracı sırasıyla, 70.437.270 ABD doları, 255.490 ABD doları, 23.113.860 ABD doları olmuştur. Aynı yıl için Kazakistan'ın toplam ithalat büyüklüğü 3.805.116.960 ABD doları iken Türkiye, Gürcistan ve Azerbaycan'dan ithalat değerleri sırasıyla, 123.463.300 ABD doları, 2.201.590 ABD doları, 25.240.850 ABD doları olmuştur (WITS, erişim yılı 2023).

Kendi kendini yönetmeye başlayan Gürcistan'ın 1996 yılında diğer ülkelere ihraç ettiği mallarının değeri 198.765.520 ABD doları iken toplam navlun ithalatı ise 686.782.720 ABD

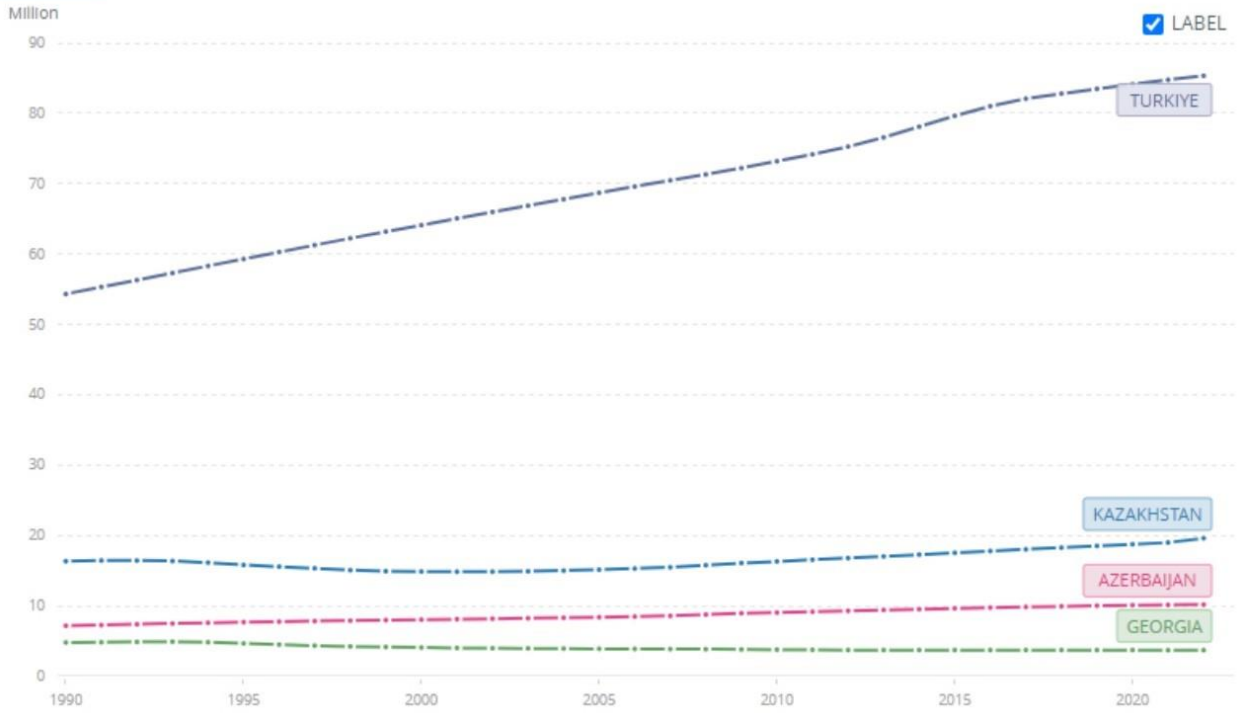
doları olmuştur. Aynı yılda Türkiye'ye yapmış olduğu ile ihracat değeri 25.894.610 ABD doları ve karşılığında ithalat değeri ise 76.588.880 ABD doları olmuştur. Gürcistan'ın 1996 yılında Azerbaycan ve Kazakistan'a yaptığı dış satımda ise değerler sırasıyla, 24.344.360 ABD dolar ve 2.420.080 ABD doları olmuşken, Azerbaycan'dan yapılan mal ithalatı 78.701.860 ABD doları, Kazakistan'dan yapılan mal ithalatı 816.030 ABD doları değerindedir ([WITS](#), erişim yılı 2023).

Hem konumu itibariyle hem de üretim sektöründe başarılı olmasıyla Türkiye'nin, batı ve doğu ülkeleriyle diplomatik ilişkileri kuvvetlidir. Dünya ticaretinde kendini tanıtan ülke olması yanı sıra Türkiye, batı ve doğu ülkelerinin ticari ilişkilerinde birbirlerini bağlayan bir geçiş güzergâhıdır. Sovyetler Birliği dağıldıktan sonraki 1993 yılında Türkiye'nin toplam ihracatı 15.348.913.150 ABD doları, toplam ithalatı ise 29.429.301.250 ABD doları olup ticaret dengesi -14.080.388.100 ABD doları olmuştur. Azerbaycan ile yaptığı dış ticaretinde ihracatı 68.175.120 ABD doları iken, ithalatı ise 33.936.450 ABD doları olmuştur. Kazakistan ile ihracatı 67.803.930 ABD doları olan Türkiye'nin Kazakistan'dan ürün ithalatı 43.740.710 ABD doları değerinde olmuştur. Aynı yıl için Türkiye'nin Gürcistan ile yapmış olduğu ticari ilişkisinde dış satım değeri 34.492.910 ABD doları, dış alım değeri ise 21.893.940 ABD doları olmuştur. Gürcistan, Kazakistan ve Azerbaycan'ın jeostratejik konumlarıyla enerji ve lojistik yolların merkezinde yer olması Türkiye'nin ise hem batı hem de doğu ülkeleriyle siyasi ilişkilerinin kuvvetli olması, bu ülkelerin birbirleriyle yaptığı ticaret ve siyasi ilişkilerinde her ülke için avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada Türkiye ve Orta Asya ülkeleri arasındaki 2010 yılından 2021 yılına kadar olan sürede gerçekleştirilen dış ticaretine dair analizler ve geleceğe yönelik tahminler yapılmıştır. Süre ve dar kapsamdan dolayı bu çalışmada Orta Asya ülkelerinden Azerbaycan, Kazakistan ve Gürcistan örnekleri ve verileri gösterilmiştir. Dört ülkenin yani Türkiye, Azerbaycan, Kazakistan ve Gürcistan verileri elde edildikten sonra Excel programı kullanarak tablolar, ticaret matrisi ve grafikler oluşturulmuştur.

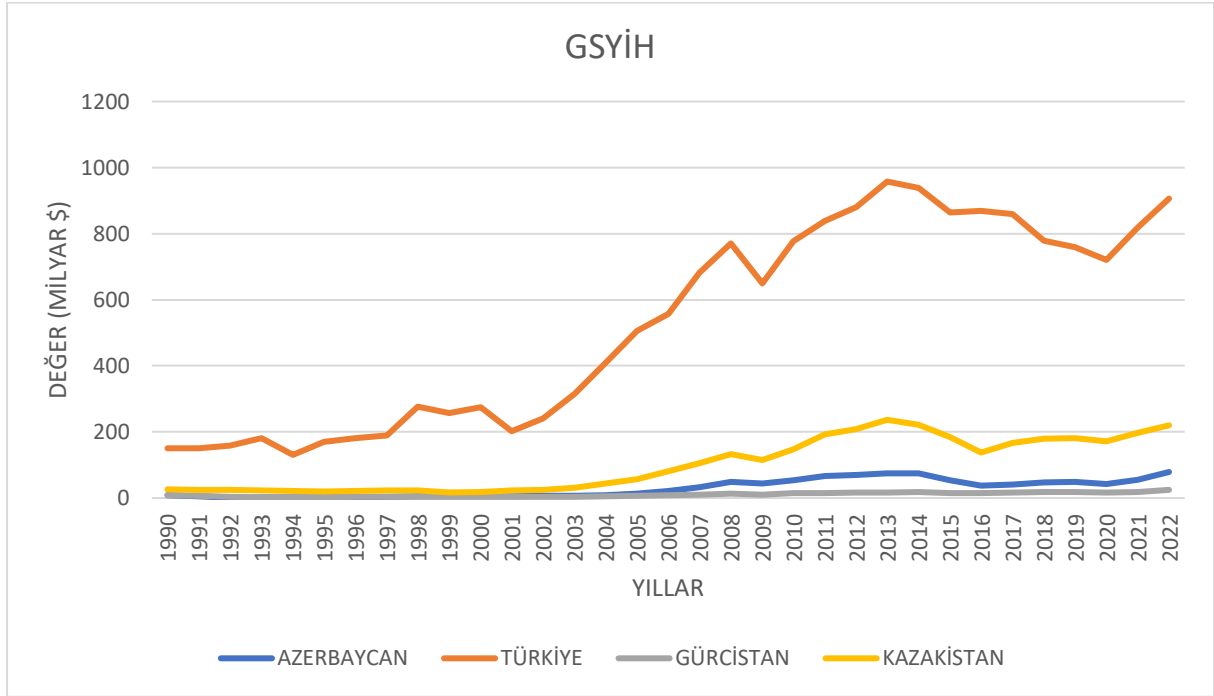
YÖNTEM

Sovyetler Birliği'nin dağılmasından hemen önceki sene ele alındığında, yani 1990 yılında Türkiye'nin nüfusu 54.324.142 kişi iken, Kazakistan'ın nüfusu 16.348.000 kişi, Azerbaycan'ın nüfusu 7.175.200 kişi, Gürcistan'ın nüfusu ise 4.802.000 kişi olmuştur. Türkiye'nin nüfusu kademeli ve hızlı bir şekilde artarak 2022 yılında 85.341.241 kişi olurken, Kazakistan'ın 2022 yılında %20 artışla 19.621.972 kişi, Azerbaycan %41,8 artışıyla 10.175.016 kişi, Gürcistan ise %22,7 azalışla 3.712.502 nüfusa erişmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi Türkiye hariç diğer üç ülkenin nüfus artışı hızının fazla olmadığı aşikârdır.



Şekil 1. Türkiye, Gürcistan, Azerbaycan, Kazakistan'ın 1990-2022 yılları arasında nüfus sayısı (www.worldbank.org, erişim yılı 2023).

Dört ülkenin GSYİH değerinin 1990-2022 yılları arasında değişimini şekil 2'de görüldüğü gibi Azerbaycan, Kazakistan ve Gürcistan'ın 2000'li yılların başlarında artış yaşanmaya başladığı açıktır. Fakat Gürcistan'ın değerleri çok yüksek olmamakla birlikte artışlarında da pek fazla yükselme görülmemektedir. 1990 yılı ele alındığında GSYİH değeri Türkiye için 150,68 Milyar ABD doları, Kazakistan için bu değer 26,93 Milyar ABD doları, Azerbaycan için 8,86 Milyar ABD doları ve Gürcistan için bu değer 7.75 Milyar ABD doları olmuştur. Türkiye'nin ise 2013-2014 yıllarında tavan yaptığı açıktır. En yakın zaman olan 2022 senesine bakıldığında son beş yıla nazaran artış göstererek Türkiye'nin GSYİH değeri 905,99 Milyar ABD doları, Kazakistan için ise bu değer 220,62 Milyar ABD doları iken Azerbaycan için 78,72 Milyar ABD doları olmuştur. Gürcistan'ın GSYİH değeri de 24,61 Milyar ABD doları olmuştur. Böylece 1990 yılından 2022 yılına kadar sürede GSYİH büyüme oranı Türkiye için %83,4 olup, Kazakistan için %719'dır. Azerbaycan'ın GSYİH yıllık büyüme oranı %788,5 iken, Gürcistan için bu oran %217,5'dir (Dünya Bankası, 2023).



Şekil 2. Türkiye, Kazakistan, Azerbaycan ve Gürcistan'ın GSYİH Milyar ABD doları bazında değeri (*Dünya Bankası*, erişim yılı 2023)

Ülkelerin Yıllık Toplam İthalat ve İhracat Miktarı

2010 yılında ihracat pazarına nüfuz etme endeksi¹ 20,63, dünya ticaretinde büyüme oranı % 9,74 olan Türkiye, 2010 yılında yapmış olduğu toplam ihracatı 113.883.219,18 bin ABD doları iken, toplam ithalatı 185.544.331,9 bin ABD doları olmuştur. 2021 yılı için ihracat pazarına nüfuz etme endeksi 27,66 iken, dünya pazarında büyüme oranı ise %12,59 değerlerine sahip olan Türkiye, aynı yıl için toplam ihracat ve ithalatı sırasıyla 225.214.458 Bin ABD doları, 271.425.552 Bin ABD doları olmuştur (WITS; 2023).

2010 yılında Azerbaycan'ın ihracat pazarına nüfuz etme endeksi 1,56 ve dünya pazarında büyümesi %9,74 olmuştur. Gürcistan için bu değerler 2,21 ve %9,74 iken, Kazakistan'ın ihracat pazarına nüfuz etme endeksi 1,98 ve dünya pazarında büyüme oranı %9,74 olmuştur. 2021 yılı için Azerbaycan, Gürcistan ve Kazakistan'ın ihracat pazarına nüfuz etme endeksi ve dünya ticaretinde büyüme oranı sırasıyla, 1,93 ve %12,59; 3,44 ve %12,59; 2,78 ve %12,59 olmuştur (WITS, 2023). Azerbaycan'ın 2010 yılı ticaretindeki toplam ihracatı 21,3 Milyar ABD doları, Gürcistan'ın toplam ihracat değeri ise 1,7 Milyar ABD doları ve Kazakistan'ın toplam ihracat değeri 57,2 Milyar ABD doları olmuştur. Bu ülkelerin 2010 yılındaki toplam ithalatı ise Azerbaycan için 6,6 Milyar ABD doları, Gürcistan için 5,2 Milyar ABD doları ve Kazakistan için 24,0 Milyar ABD doları olmuştur. 2010-2021 yıllarında bu ülkelerin dış ticaretteki toplam ihracat değeri tablo 1'de ve toplam ithalat değerleri tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1 – İncelenen Dört Ülkenin Dünya Ticaretinde 2010-2021 Yıllarındaki Toplam İhracat Rakamları (Milyar ABD Doları).

¹ Raportörün belirli bir ürünü ihraç ettiği ülke sayısının, o yıl ürünü ithal ettiğini bildiren ülke sayısına bölünmesiyle hesaplanır. (Kaynak: WITS - UNSD Comtrade, erişim yılı 2023).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TÜRKİYE	113,9	134,9	152,5	161,5	166,5	151,0	149,2	164,5	177,2	180,8	169,7	225,2
AZERBAIJAN	21,3	26,5	23,8	23,9	21,8	12,6	13,4	15,3	19,5	19,6	13,7	22,2
GÜRCİSTAN	1,7	2,2	2,4	2,9	2,9	2,2	2,1	2,7	3,4	3,8	3,3	4,2
KAZAKİSTAN	57,2	88,1	92,3	84,7	79,5	46,0	36,8	48,5	61,1	58,1	47,5	60,3

Tablo 2 – İncelenen Dört Ülkenin Dünya Ticaretinde 2010-2021 Yıllarındaki Toplam İthalat Rakamları (Milyar ABD doları).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TÜRKİYE	185,5	240,8	236,5	260,8	251,1	213,6	202,2	238,7	231,2	210,3	219,5	271,4
AZERBAIJAN	6,6	9,7	9,6	10,8	9,2	9,2	8,5	8,8	11,5	13,6	10,7	11,7
GÜRCİSTAN	5,2	7,1	8,1	8,0	8,6	7,3	7,3	8,1	9,4	9,5	8,1	10,1
KAZAKİSTAN	24,0	38,0	44,5	48,8	41,3	30,6	25,2	29,6	33,3	39,7	38,9	41,4

Türkiye'nin 2010-2021 yıllarında yaptığı ihracatına bakıldığında Azerbaycan'a dışsatımı Gürcistan ve Kazakistan'dan daha fazla olmuştur. Azerbaycan'a toplam ihracat miktarı 40.627.228,76 Bin ABD doları, Gürcistan'a toplam ihracat miktarı 16.228.521,78 Bin ABD doları ve Kazakistan'a toplam ihracatı 11.478.870,43 Bin ABD doları olmuştur. Azerbaycan'a ihracatın en yüksek değere ulaştığı seneler 2013-2014 yılları olurken, Gürcistan'a ihracatın en yüksek büyüklüğe ulaştığı seneler 2014 ve 2021 yılı olmuştur. Aynı zamanda Türkiye'nin bu seneler zarfında Kazakistan'a ihracatında en yüksek değere ulaştığı seneler de 2014 ve 2021 yılı olmuştur.

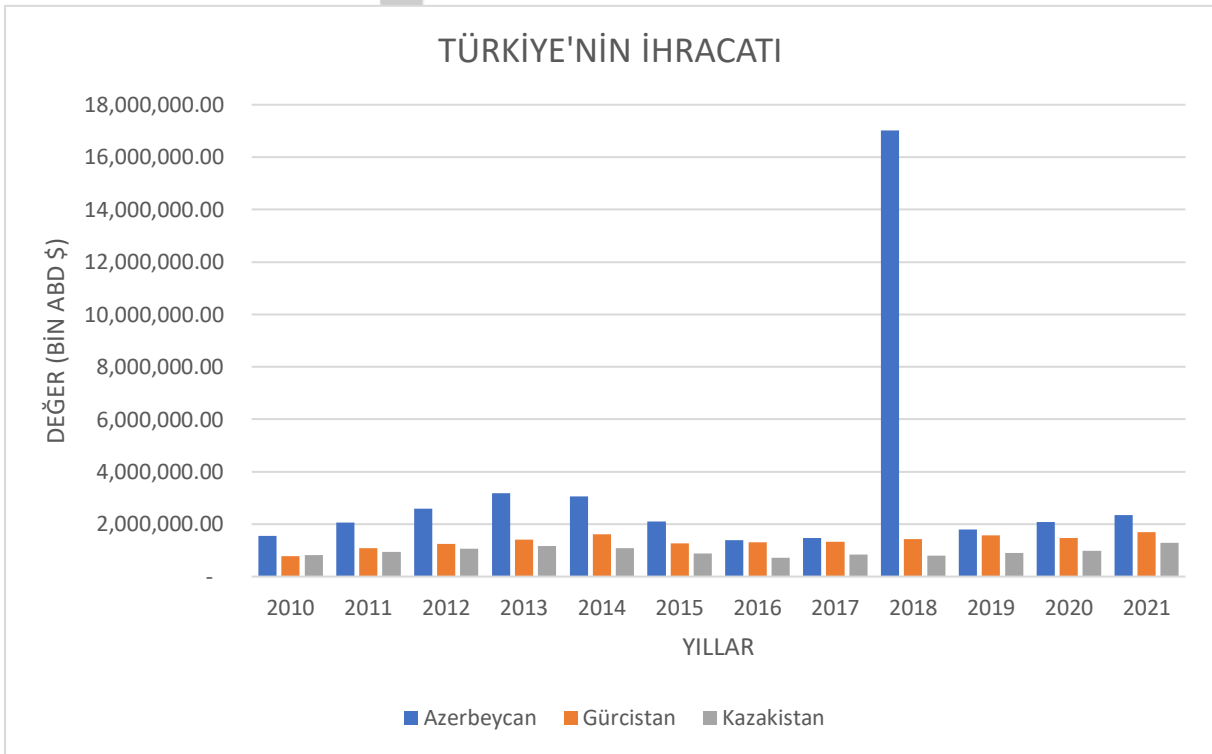
2010 yılından 2021 yılına kadar olan sürede Azerbaycan'ın Türkiye, Gürcistan ve Kazakistan'a ihracatında en yüksek pay Türkiye olmuştur. Azerbaycan'ın Türkiye'ye toplam ihracatı 16.416.415,6 Bin ABD doları, Gürcistan'a toplam ihracatı 6.174.471,84 Bin ABD doları, Kazakistan'a toplam ihracatı 464.757,6 Bin ABD doları olmuştur. Türkiye'ye ihracatının en yüksek değere ulaştığı yıl 2019 olmuştur. Gürcistan'a dışsatım değerinin en yüksek olduğu yıl 2021 olurken, Kazakistan için bu değer 2013 yılı olmuştur.

Gürcistan'ın 2010-2021 yılları arasında yaptığı toplam ihracatında Azerbaycan'a ihracatı, Türkiye ve Kazakistan'a yaptığından daha fazla olmuştur. Gürcistan Azerbaycan'a toplam ihracatı 5.219.303,4 Bin ABD doları, Türkiye'ye toplam ihracatı 2.495.738,59 Bin ABD doları, Kazakistan'a toplam ihracatı ise 899.406,12 Bin ABD doları olmuştur. 2013 yılındaki Azerbaycan ve Kazakistan'a ihracatı en yüksek değere ulaşan sene olurken, Türkiye'ye ihracatın en yüksek değer olduğu sene 2021 olmuştur.

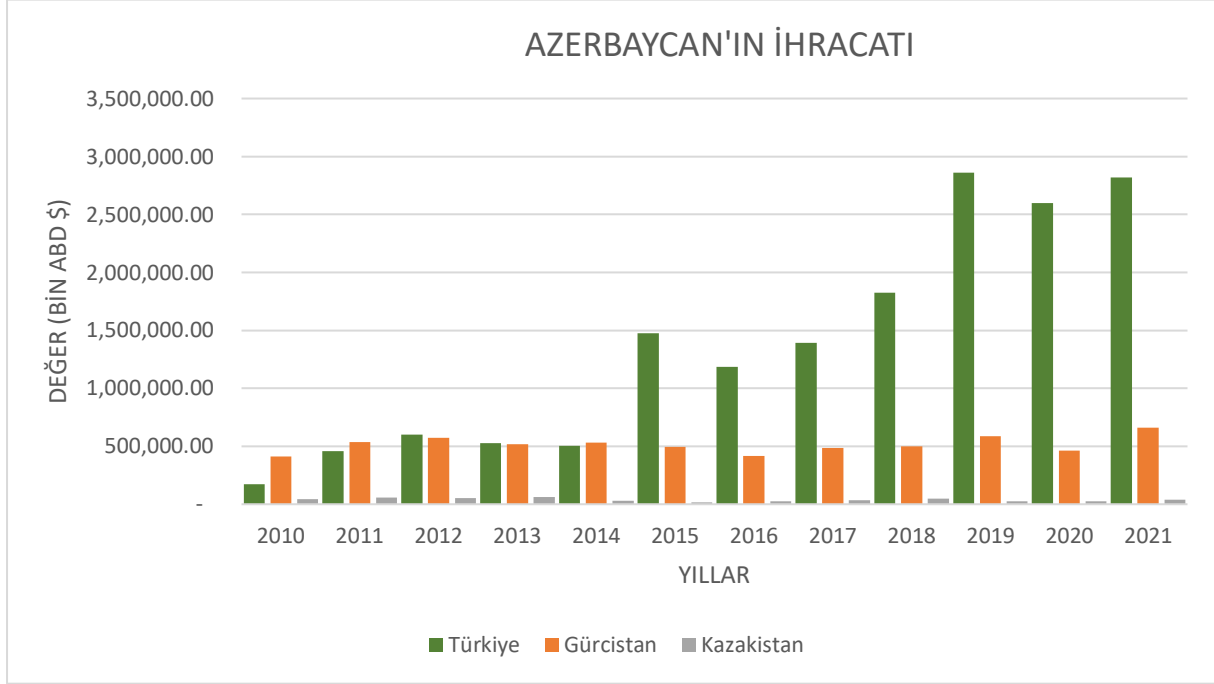
Kazakistan'ın Azerbaycan'a 2010-2021 yıllarında yaptığı toplam ihracatı 2.537.754,95 Bin ABD doları, Gürcistan'a toplam ihracatı 632.918,05 Bin ABD doları ve Türkiye'ye toplam ihracatı 23.833.181,6 Bin ABD doları olmuştur. Kazakistan'ın Türkiye ve Gürcistan'a ihracatında en yüksek değere ulaşılan sene 2012 olurken, Azerbaycan'a ihracatında en yüksek pay alan sene 2020 yılı olmuştur (Tablo 3).

Tablo 3 – Azerbaycan-Türkiye-Kazakistan-Gürcistan ticaretindeki 2010-2021 yılları arasındaki toplam ithalat ve ihracat matrisi (Değer: Bin ABD Doları) (WITS, 2023).

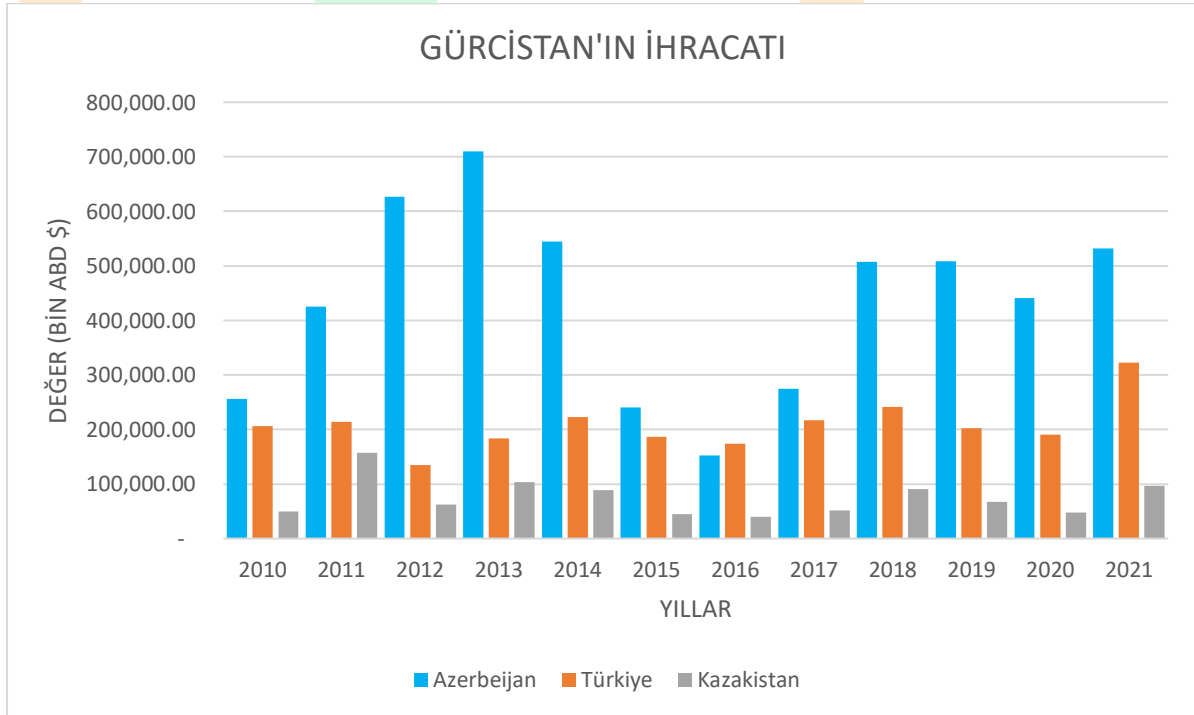
İTHALAT İHRACAT	AZ	TR	GE	KZ
AZ	0	16.416.415,55	6.174.471,84	464.757,60
TR	40.627.228,76	0	16.228.521,78	11.478.870,43
GE	5.219.303,40	2.495.738,59	0	899.406,12
KZ	2.537.754,95	632.918,05	23.833.181,57	0



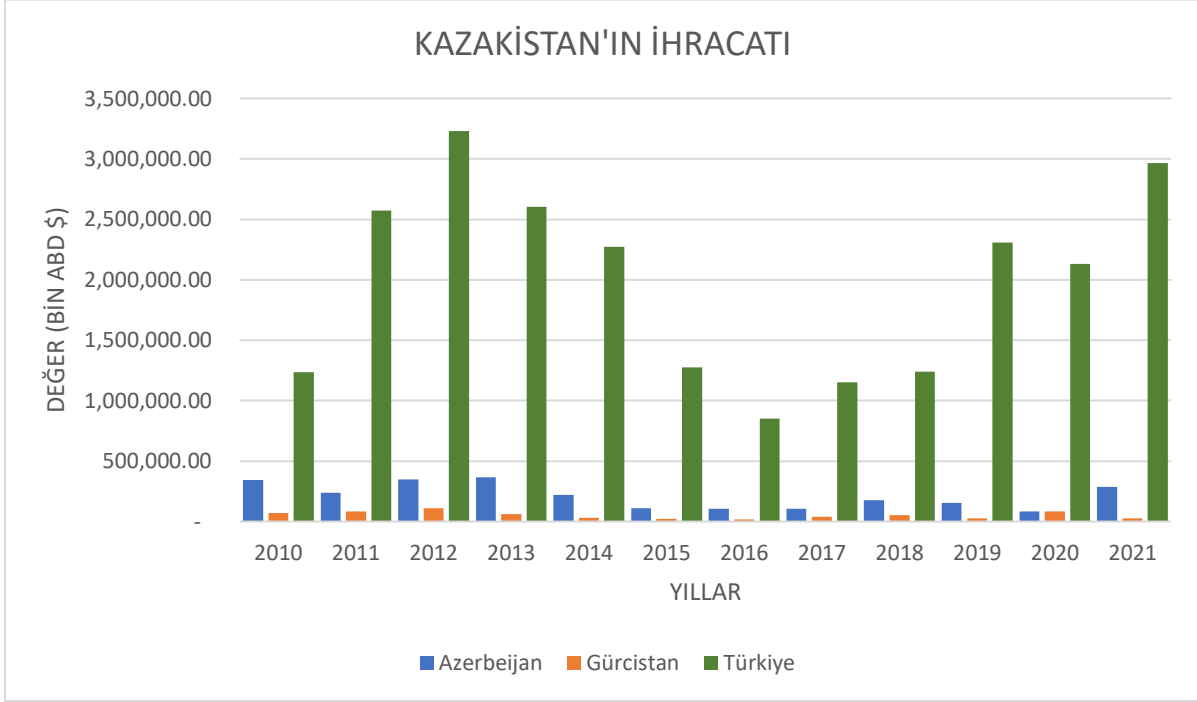
Şekil 3. Türkiye'nin Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan'a 2010-2021 yılları arasındaki ihracatı (WITS, 2023).



Şekil 4. Azerbaycan'ın Türkiye, Gürcistan, Kazakistan'a 2010-2021 yılları arasındaki ihracatı (WITS, 2023).

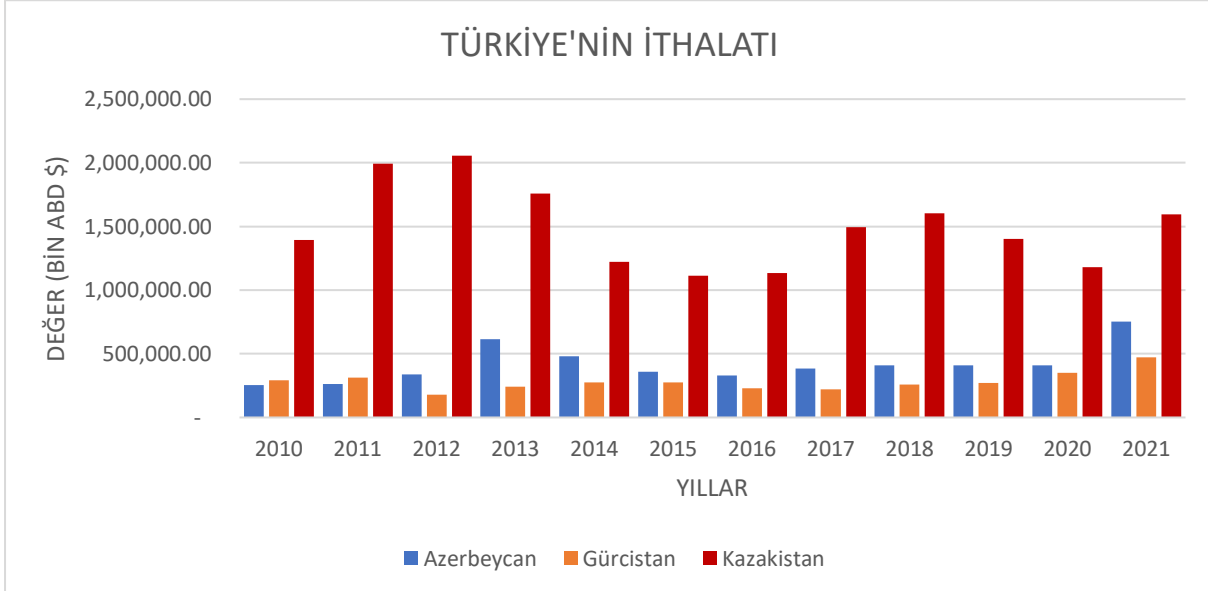


Şekil 5. Gürcistan'ın Azerbeijan, Türkiye, Kazakistan'a 2010-2021 yılları arasındaki ihracatı (WITS, 2023).



Şekil 6. Kazakistan'ın Azerbeijan, Gürcistan, Türkiye'ye 2010-2021 yılları arasındaki ihracatı (WITS, 2023).

Türkiye'nin 2010-2021 yıllarında yaptığı Azerbeijan'dan toplam ithalatı 5.000.709,57 Bin ABD doları olup, Gürcistan'dan toplam ithalatı 3.374.837,80 Bin ABD doları ve Kazakistan'dan toplam ithalatı ise 17.947.544,15 Bin ABD doları olmuştur. Yıllara göre değişimi şekil 7'de gösterilmiştir.

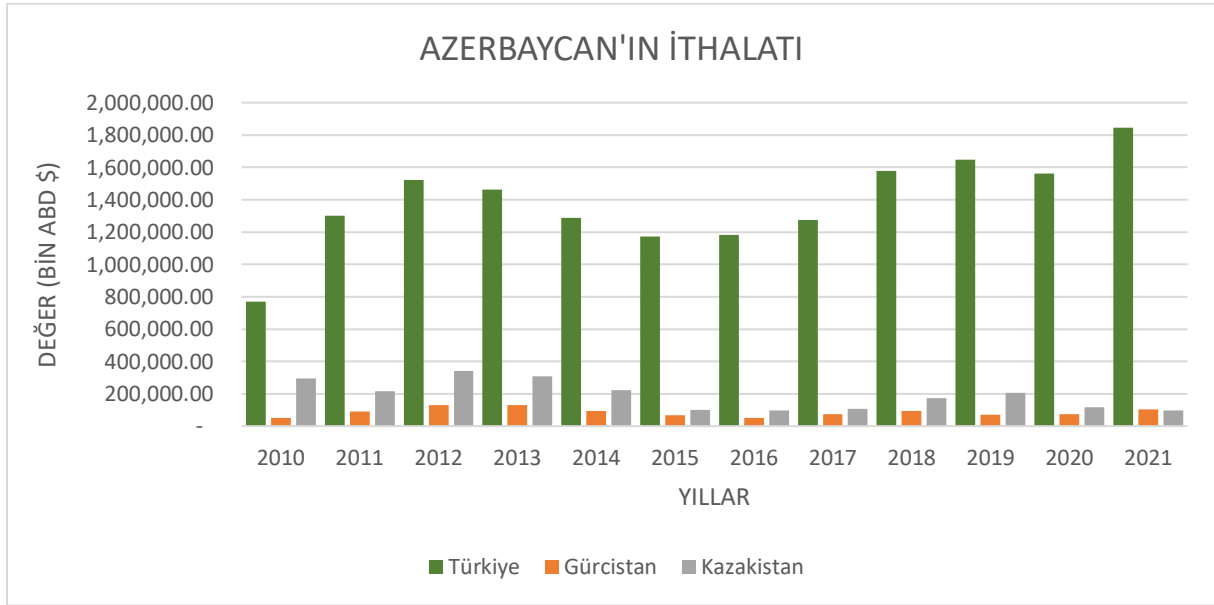


Şekil 7. Türkiye'nin 2010-2021 yıllarındaki Azerbeijan, Gürcistan, Kazakistan'dan ithalatı (WITS, 2023).

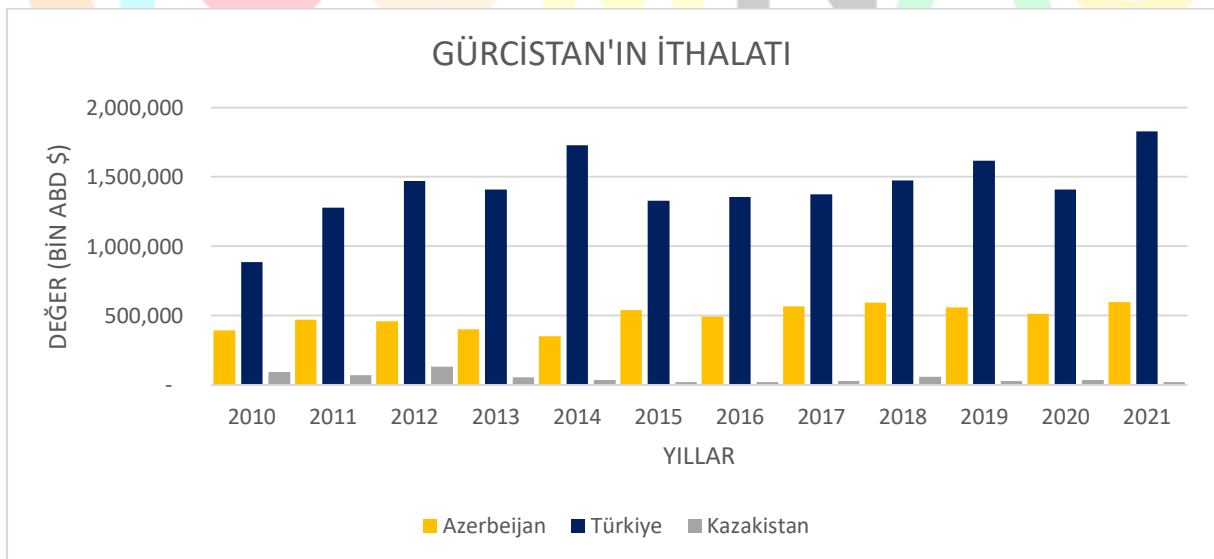
Azerbaycan'ın Gürcistan'dan 2010-2021 yıllarındaki toplam ithalatı 1.031.737,17 Bin ABD doları, Türkiye'den ithale ettiği toplam ürün miktarı 16.601.432,11 Bin ABD doları, Kazakistan'dan toplam ithalatı ise 2.275.844,33 Bin ABD doları olmuştur (Şekil 8).

Gürcistan'ın 2010-2021 yıllarında Azerbaycan'dan toplam ithalatı 5.938.624,35 Bin ABD doları iken, Türkiye'den toplam ithalatı 17.157.116,34 Bin ABD doları ve Kazakistan'dan toplam ithalat değeri ise 604.188,96 Bin ABD doları olmuştur (Şekil 9).

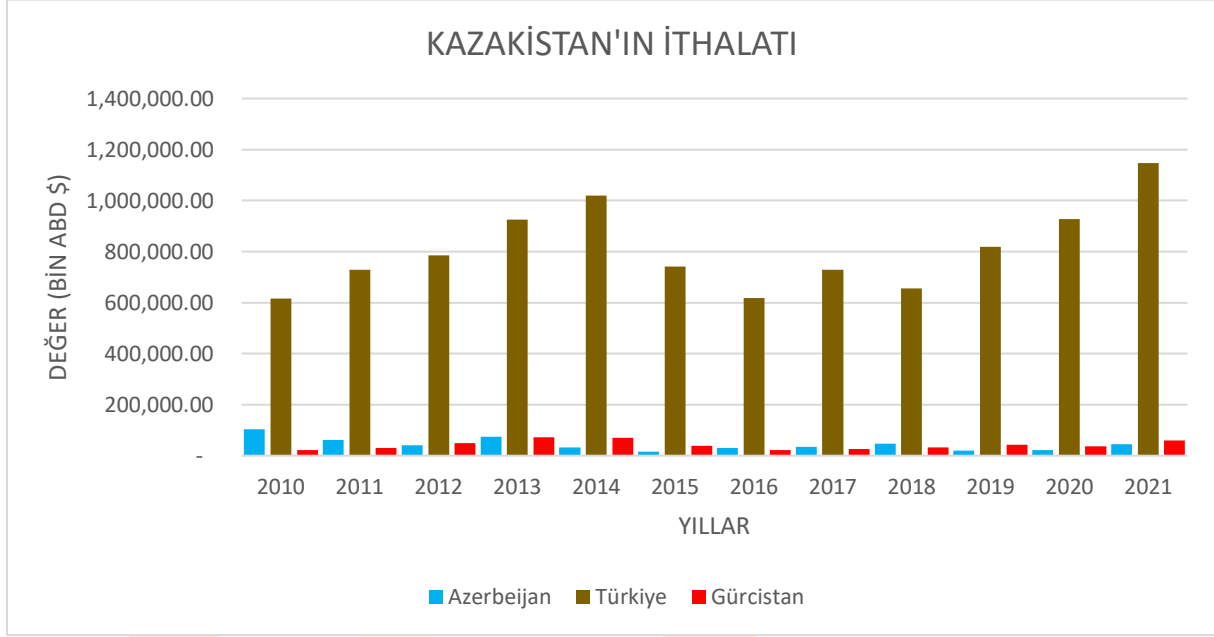
Kazakistan'ın 2010-2021 yıllarında Azerbaycan'dan toplam ithalat değeri 525.239,18 Bin ABD doları, Türkiye'den toplam ithalat değeri ise 9.715.083,28 Bin ABD doları ve Gürcistan'dan toplam ithalatı 504.034,26 Bin ABD doları olmuştur (Şekil 10).



Şekil 8. Azerbaycan'ın 2010-2021 yıllarındaki Türkiye, Gürcistan, Kazakistan'dan ithalatı (WITS, 2023).



Şekil 9. Gürcistan'ın 2010-2021 yılları arasındaki Azerbaycan, Türkiye, Kazakistan'dan ithalatı (WITS, 2023).



Şekil 10. Kazakistan'ın 2010-2021 yılları arasındaki Azerbaycan, Türkiye ve Gürcistan'dan ithalatı (WITS: 2023).

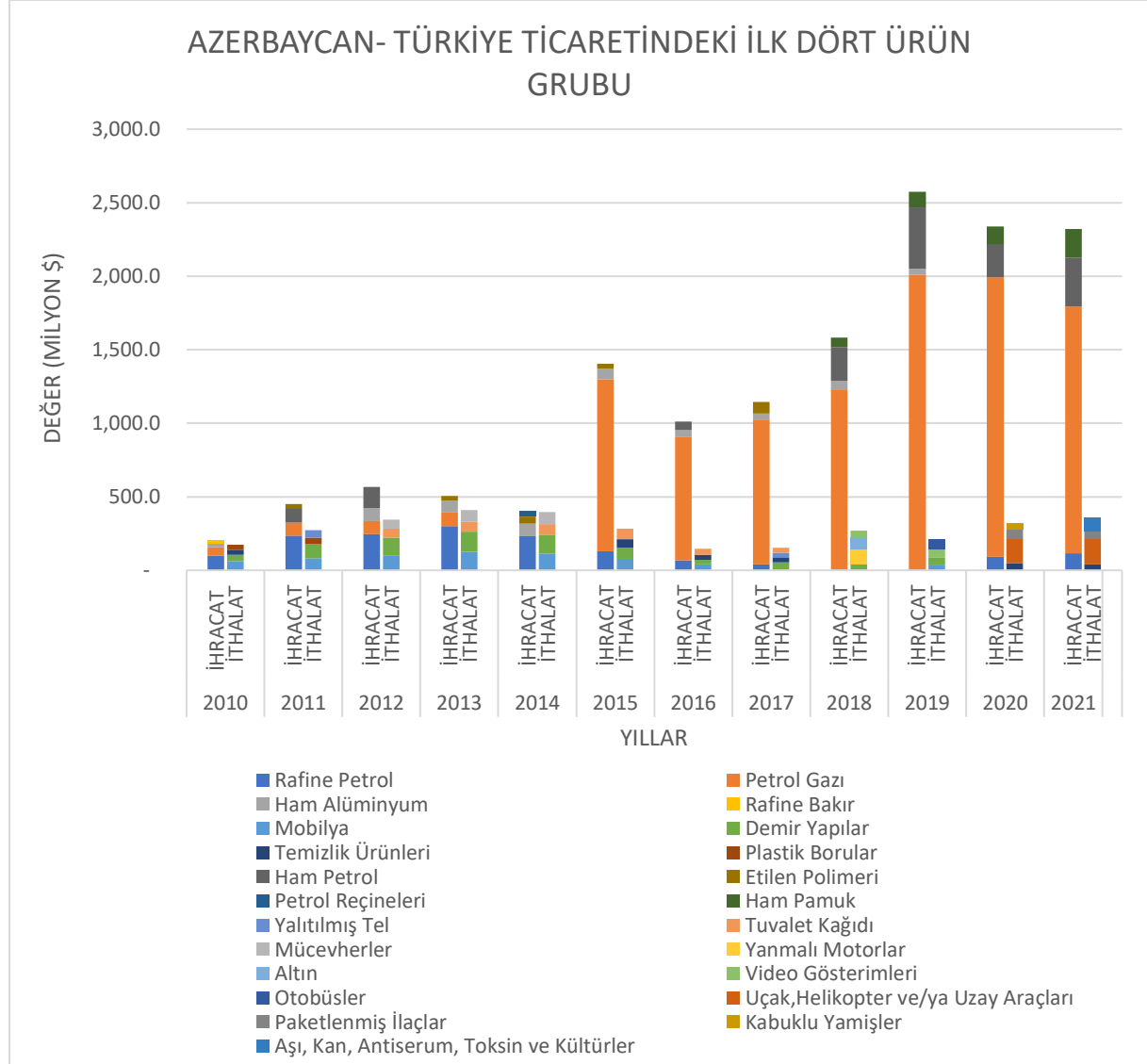
Ülkelerin En Çok İhraç ve İthal Eden Ürünleri

Her ülke ekonomisini güçlendirmek için kendi ürettiği malları ihraç ederken, eksik ürünleri ve/veya hammaddeleri ithal etmek durumdadır. Türkiye-Azerbaycan-Gürcistan-Kazakistan ticaretinde en çok ithal ve ihraç edilen ilk dört ürün grubu ele alınarak hangi malların alınıp satıldığı saptanmıştır.

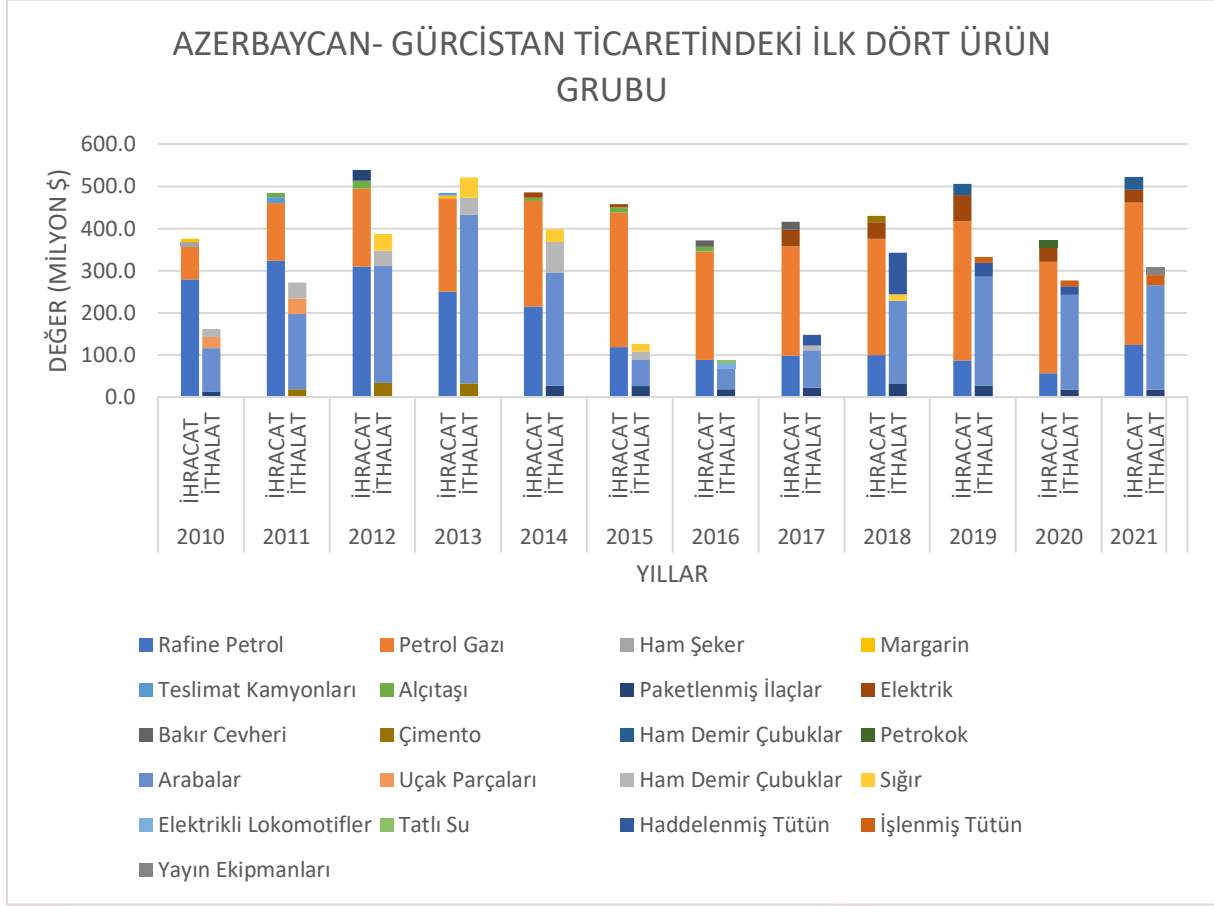
Türkiye-Azerbaycan ticari ilişkilerine bakıldığında 2010 yılında Azerbaycan'ın Türkiye'ye ihraç eden ilk dört ürün, Rafine Petrol (99,1 Milyon \$), Petrol Gazı (58,6 Milyon \$), Ham Alüminyum (27,7 Milyon \$) ve Rafine Bakır (23,3 Milyon \$) olmuştur. Bunun karşılığında ithalat edilen ilk dört ürün sırasıyla Mobilyalar (60,7 Milyon \$), Demir Yapılar (45,3 Milyon \$), Temizlik Ürünleri (35,1 Milyon \$) ve Plastik Borular (32,6 Milyon \$) olmuştur. Gürcistan'a ihraç edilen ilk dört ürün ise Rafine Petrol (279 Milyon \$), Petrol Gazı (78,7 Milyon \$), Ham Şeker (9,65 Milyon \$), Margarin (7,48 Milyon \$) olmuştur. İthal edilen ilk dört ürün grubu ise Arabalar (104 Milyon \$), Uçak Parçaları (26,4 Milyon \$), Ham Demir Çubuklar (18,6 Milyon \$), Paketlenmiş İlaçlar (12,1 Milyon \$) olmuştur. Kazakistan'a ihraç edilen ilk dört ürün grubu Ham Şeker (17,3 Milyon \$), Büyük İnşaat Araçları (10,3 Milyon \$), Teslimat Kamyonları (8,49 Milyon \$) ve Yolcu ve Yük Gemileri (8,01 Milyon \$) olurken, ithal edilen ilk dört ürünler Buğday (230 Milyon \$), Yarı Mamul Demir (34,7 Milyon \$), Baryum Sülfat (14,8 Milyon \$) ve Kaplamalı Yassı Haddelenmiş Demir (22,1 Milyon \$) olmuştur.

Azerbaycan'ın Türkiye'ye 2021 yılında ihraç etmiş olduğu ilk dört ürün Petrol Gazı (1,68 Milyar \$), Ham Petrol (332 Milyon \$), Ham Pamuk (194 Milyon \$) ve Rafine Petrol (116 Milyon \$) olurken, ithal edilen ilk dört ürün; Uçak, Helikopter ve/ya Uzay Parçaları (176 Milyon \$), Aşı, Kan, Antiserum, Toksin ve Kültürler (95,9 Milyon \$), Paketlenmiş İlaçlar (47,9 Milyon \$) ve Temizlik Ürünleri (41 Milyon \$) olmuştur. Şekil 11'de Azerbaycan-Türkiye ticaretindeki ilk dört ürün grubu parasal değer olarak gösterilmiştir. Azerbaycan'ın 2021 yılında Gürcistan'a ihraç edilen ilk dört ürün, Petrol Gazı (337 Milyon \$), Rafine Petrol (124 Milyon \$), Elektrik (30,8 Milyon \$) ve Ham Demir Çubuklar (30,7 Milyon \$) olurken, ithal

edilen ilk dört ürün, Arabalar (248 Milyon \$), İşlenmiş Tütün (23,2 Milyon \$), Yayın Ekipmanları (18,5 Milyon \$) ve Paketlenmiş İlaçlar (17,5 Milyon \$) olmuştur. Şekil 12’de Azerbaycan-Gürcistan ticaretindeki ilk dört ürün grubu parasal değeri ile gösterilmiştir.

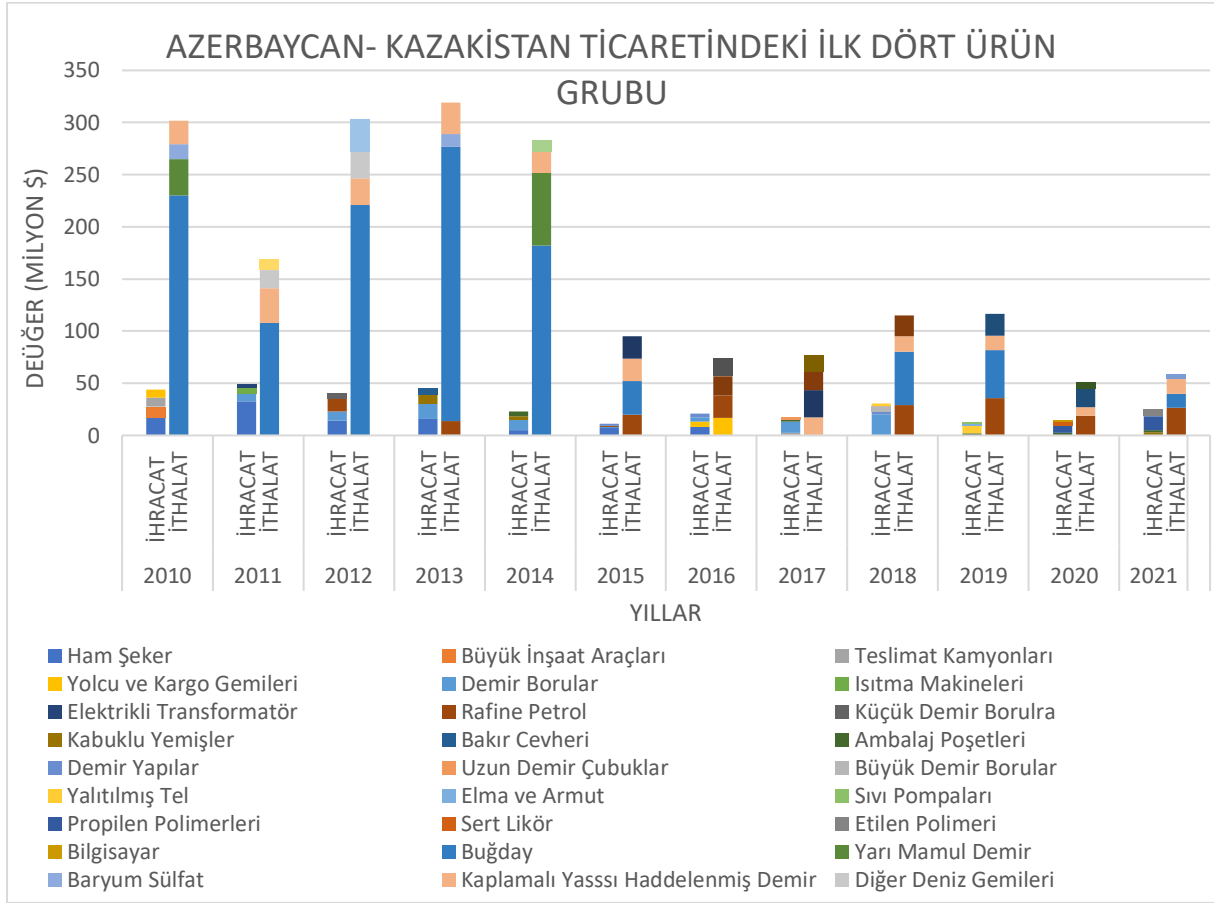


Şekil 11. Azerbaycan-Türkiye ticaretindeki 2010-2021 yıllarında en çok ihraç ve ithal edilen ilk dört ürün grubu (OEC World, erişim yılı 2023).



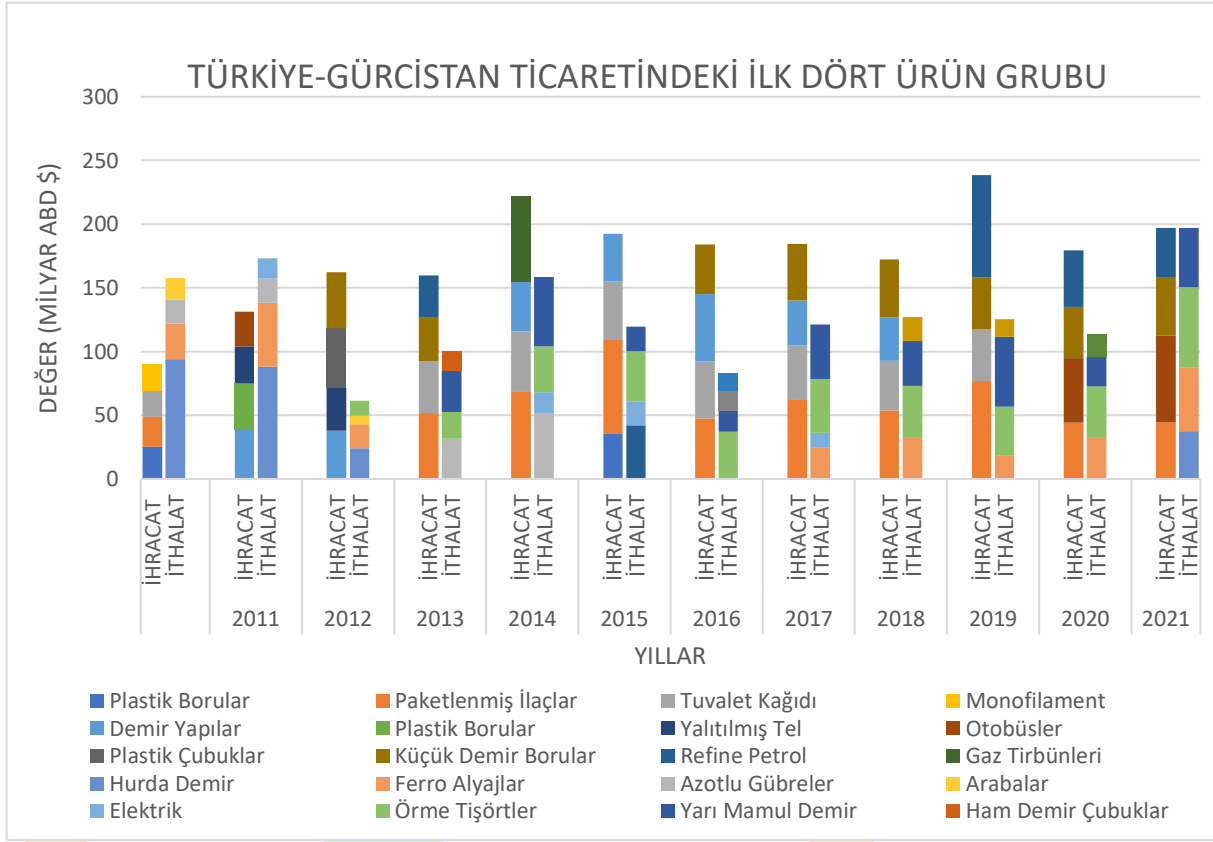
Şekil 12. Azerbaycan-Gürcistan ticaretindeki 2010-2021 yılları arasında ithal ve ihrac edilen ilk dört ürün grubu (OEC World, erişim yılı 2023).

2021 yılında Azerbaycan'ın Kazakistan'dan ithal edilen ilk dört ürünler Rafine Petrol (26,3 Milyon \$), Kaplamalı Yassı Haddelenmiş Demir (14,9 Milyon \$), Buğday (13,5 Milyon \$) ve Demir Demiryolu Ürünleri (3,86 Milyon \$) olurken, ihrac edilen ilk dört ürünler Propilen Polimeri (13,5 Milyon \$), Etilen Polimeri (6,44 Milyon \$), Kabuklu Yemişler (2,83 Milyon \$) ve Ambalaj Poşetleri (2,09 Milyon \$) olmuştur. Azerbaycan-Kazakistan ticaretindeki ilk dört ürün grubu ise şekil 13'de parasal değerleriyle 2010-2021 yılları verileri ile gösterilmiştir.



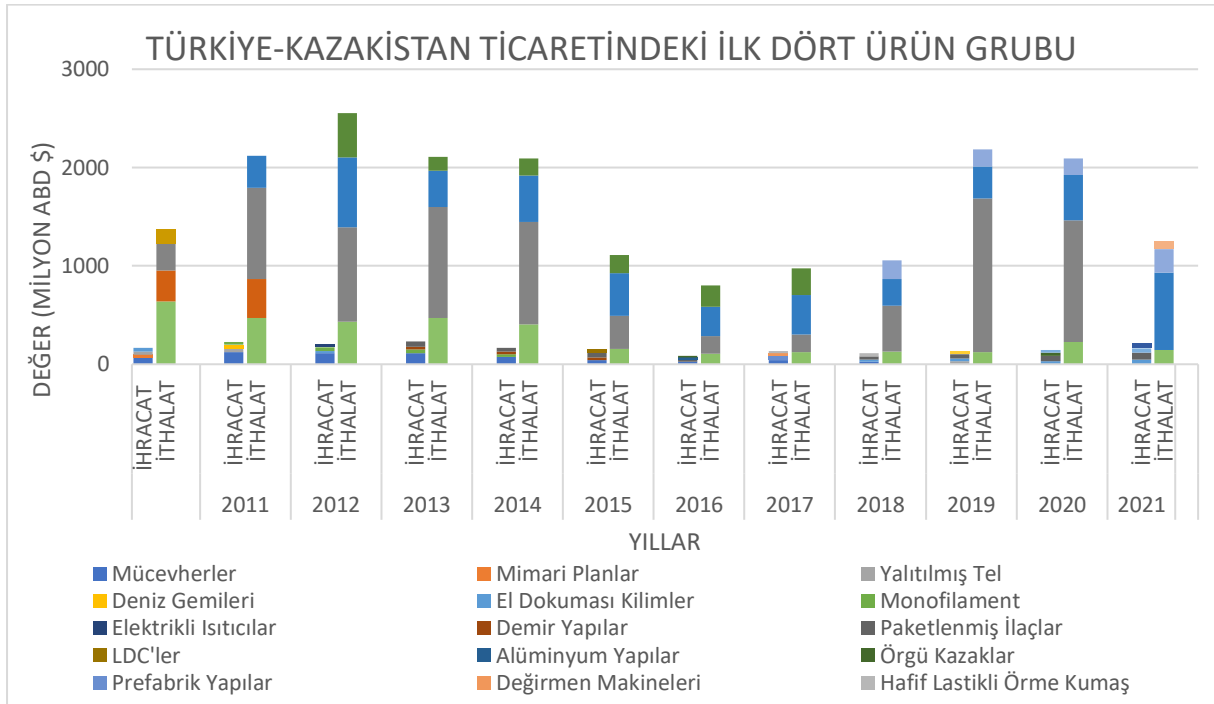
Şekil 13. Azerbaycan-Kazakistan ticaretindeki 2010-2021 yılları arasında ihracat ve ithal edilen ilk dört ürün grubu (OEC World, erişim yılı 2023).

Türkiye'nin Gürcistan'a ihracındaki ilk dört ürün grupları 2010 yılı için Plastik Borular (25,2 Milyon \$), Paketlenmiş İlaçlar (23,6 Milyon \$), Tuvalet Kağıdı (20,5 Milyon \$), Monofilament (20,4 Milyon \$) olurken, 2021 yılında ise ilk dört ürün Otobüsler (67,9 Milyon \$), Küçük Demir Borular (46,4 Milyon \$), Paketlenmiş İlaçlar (44,4 Milyon \$) ve Rafine Petrol (38,5 Milyon \$) olmuştur. Karşılığında ithal edilen ilk dört ürün 2010 yılı için Hurda Demir (94 Milyon \$), Ferro Alyajlar (27,9 Milyon \$), Azotlu Gübreler (19 milyon \$), Arabalar (16,7 Milyon \$) olurken 2021 yılı için Örgü Tişörtler (62,9 Milyon \$), Ferro Alyajlar (49,9 Milyon \$), Yarı Mamul Demir (46,6 Milyon \$) ve Hurda Demir (37,6 Milyon \$) olmuştur. 2010-2021 yıllarına ait Türkiye-Gürcistan ticaretindeki ilk dört ürün grubu şekil 14'de verilmiştir.



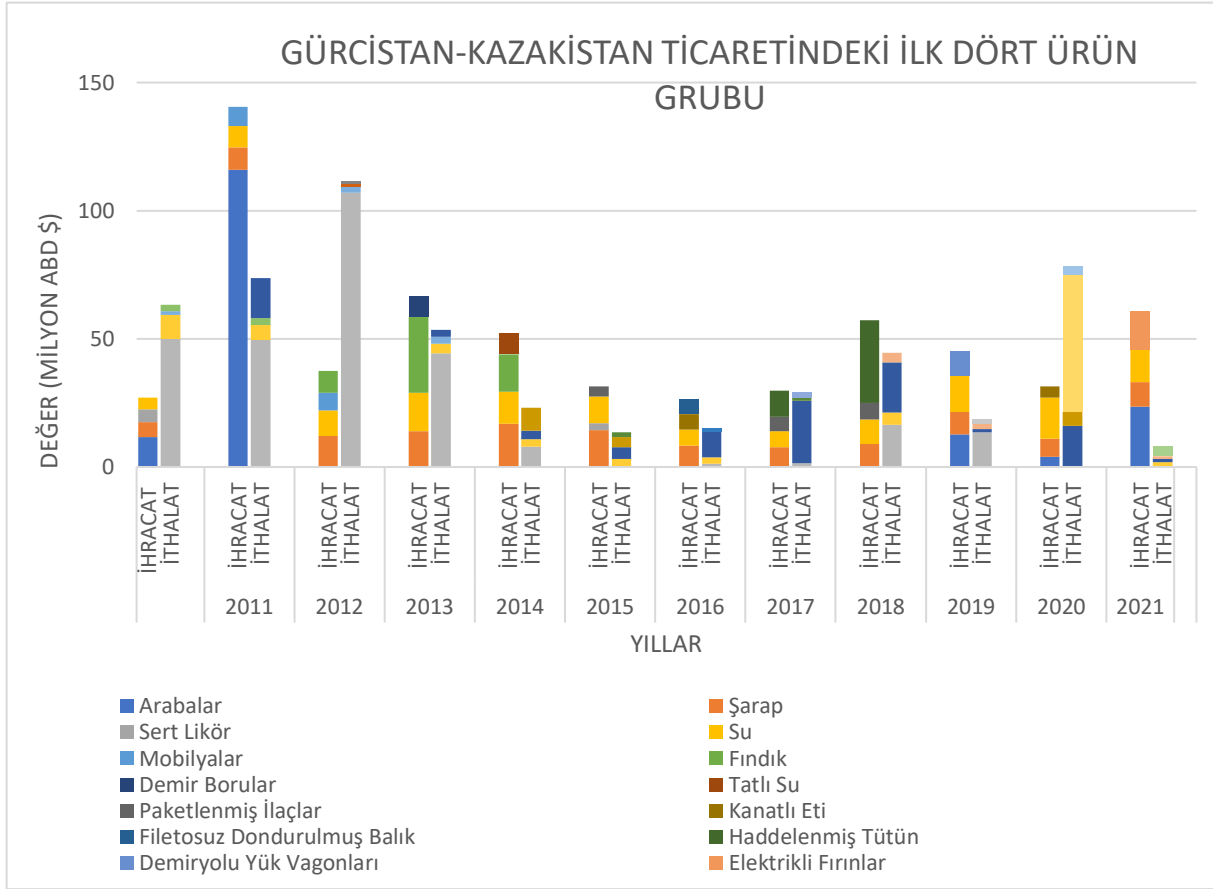
Şekil 14. Türkiye-Gürcistan ticaretindeki 2010-2021 yıllarında ihraç ve ithal edilen ilk dört ürün grubu (OEC World, erişim yılı 2023).

Türkiye'den 2010 Kazakistan'a ihraç eden ilk dört ürün grubu Mücevherler (61,4 Milyon \$), El Dokuması Kilimler (38,1 Milyon \$), Mimari Planlar (33,3 Milyon \$), Yalıtılmış Tel (33,2 Milyon \$) olurken, ithal edilen ilk dört ürün grubu Petrol Gazı (636 Milyon \$), Yarı Bitmiş Demirler (316 Milyon \$), Ham Petrol (274 Milyon \$) ve Buğday (153 Milyon \$) olmuştur. 2021 yılında ihraç edilen ilk dört ürünü Paketlenmiş İlaçlar (70,4 Milyar 4), Örgü Tişörtler (47,6 Milyon \$), El Dokuması Kilimler (47,6 Milyon \$) ve Örgüsüz Kadın Takım Elbise (44,5 Milyon \$) olmuştur. İthal edilen ilk dört ürün grubu ise Rafine Bakır (790 Milyon \$), Ham Alüminyum (236 Milyon \$), Petrol Gazı (144 Milyon \$) ve Kömür Briketleri (75,9 Milyon \$) olmuştur. Şekil 15'te Türkiye-Kazakistan ticaretindeki ilk dört ürün grubu grafiği verilmiştir.



Şekil 15. Türkiye-Kazakistan ticaretindeki 2010-2021 yılları arasında ihraç ve ithal edilen ilk dört ürün grubu (OEC World: 2023).

Gürcistan'ın Kazakistan'a ihraç ettiği ilk dört ürün grubu 2010 yılı için Arabalar (11,6 Milyon \$), Şarap (5,94 Milyon \$), Sert Likör (4,96 Milyon \$), Su (4,57 Milyon \$) olurken 2021 yılında Arabalar (23,5 Milyon \$), Elektrikli Fırınlr (15 Milyon \$), Su (12,7 Milyon \$) ve Şarap (9,63 Milyon \$) olmuştur. Karşılığında ithal edilen ilk dört ürün grubu 2010 yılı için Buğday (50 Milyon \$), Kaplamalı Yassı Haddelenmiş Demir (9,4 Milyon \$), Manganez Cevheri (2,52 Milyon \$), Makarna (1,36 Milyon \$) olurken 2021 yılında Tıraş Ürünleri (3,81 Milyon \$), Kaplamalı Yassı Haddelenmiş Demir (1,96 Milyon \$), Petrol Gazı (1,13 Milyon \$) ve Rafine Petrol (1,09 Milyon \$) olmuştur. Gürcistan-Kazakistan ticaretindeki ilk dört ürün grubu şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Gürcistan-Kazakistan ticaretindeki 2010-2021 yılları arasında ithal ve ihracat edilen ilk dört ürün grubu (OEC World, erişim yılı 2023).

BULGULAR

Bu ülkelerin toplam ihracat ve ithalat değerlerindeki dağılımlara gelindiğinde ise şu bulgulara erişilmektedir:

Kazakistan'ın 2021 yılında yaptığı ithalatında %42,51 payı ile Rusya ilk sırada yer alırken, ihracatında %16,20 ile Çin olmuştur. Türkiye'den ithalat payı %2,77, Azerbaycan'dan %0,11 ve Gürcistan'dan %0,14 olmuştur. Türkiye'ye ihracat payı %4,91, Azerbaycan'a ihracat payı %0,48 ve Gürcistan'a ihracat payı %0,05 olmuştur. Kazakistan'ın 2010 yılında da ihracatında en yüksek payı %17,68 Çin'e olurken, ithalatı %22,79 pay ile Rusya'dan yapmıştır. Türkiye'ye ihracat payı %2,16, Azerbaycan'a %0,60 ve Gürcistan'a %0,12 olmuşken, Türkiye'den ithalat payı %2,57, Azerbaycan'dan %0,43, Gürcistan'dan %0,09 olmuştur (WITS: 2023).

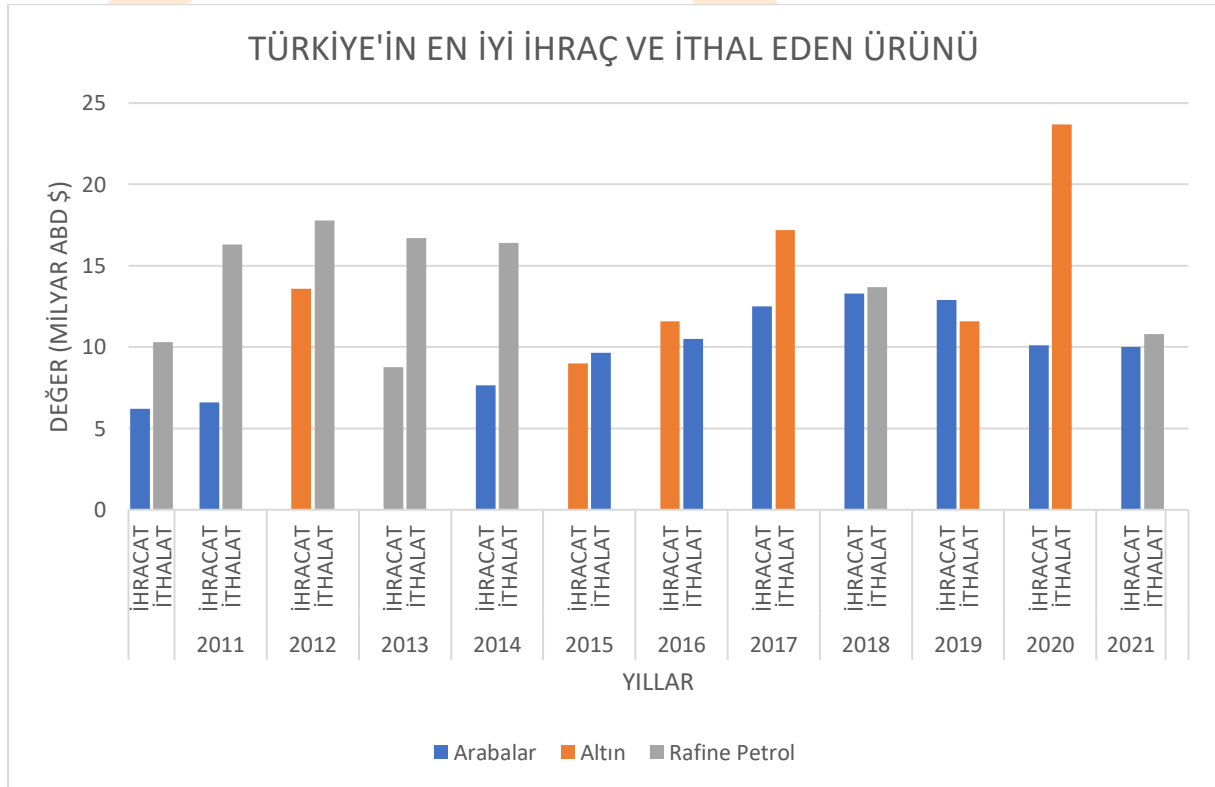
Türkiye'nin 2010 yılında en çok ihracat payı %10,08 ile Almanya'ya olurken, en çok ithalat payı %11,64'le Rusya'dan olmuştur. Azerbaycan'a ihracat payı %1,36 iken Gürcistan'a %0,68 ve Kazakistan'a %0,72 olmuştur. İthalat da ise Azerbaycan %0,75'lik paya sahip olurken, Gürcistan %0,16, Kazakistan %0,14 olmuştur. 2021 yılında da en çok dışsatımı payı Almanya'ya (%8,57) olurken, en çok dışalım payı Çin (%11,88) olmuştur. Azerbaycan'a ihracat payı %1,04, Gürcistan'a %0,76 ve Kazakistan'a %0,57 olmuştur. Azerbaycan'dan ithalat payı %0,28, Gürcistan'dan %0,17, Kazakistan'dan %0,59 olmuştur (WITS: 2023).

Azerbaycan'ın 2010 yılında ihracat payı en yüksek olan ülke %33,10'la İtalya olurken, ithalat payı en yüksek olan ülke ise %17,36'le Rusya olmuştur. Türkiye'nin ihracat payı %0,8 iken

ithalat payı %11,69, Gürcistan'ın ihracat payı %1,93 ve ithalat payı %0,76 olmuştur. Ayrıca Kazakistan'ın ihracat payı %0,21 olurken ithalat payı ise %4,45 olmuştur. 2021 yılında Azerbaycan'ın en çok ihraç eden ülke yine İtalya (%41,62), en çok ithalat yapan ülke de Rusya (%17,73) olmuştur. Türkiye, Gürcistan ve Kazakistan'ın ihracat payı sırasıyla %12,69, %2,98 ve %0,17 olmuştur. İthalat payı ise Türkiye için %15,76, Gürcistan için %0,86 ve Kazakistan için %0,82 olmuştur (WITS: 2023).

2010 yılında Gürcistan'ın en çok ihracat yapan ülkesi Azerbaycan (%15,25) olurken, en çok ithalat yapan ülkesi ise Türkiye (%16,92) olmuştur. Türkiye'nin ihracattaki payı %12,30, Kazakistan'ın payı ise %2,98 olmuştur. Azerbaycan'ın ithalattaki payı %7,48 olurken, Kazakistan'ın ise %1,79 olmuştur. 2021 yılında Gürcistan ihracatını en çok Çin (%14,51) ile yaparken, en büyük ithalatını Türkiye'den (%18,11) yapmıştır. Türkiye'nin ihracattaki payı %7,61, Azerbaycan'ın %12,53 ve Kazakistan'ın %2,27 olmuştur. Kazakistan'ın ithalattaki payı %0,20, Azerbaycan'ın payı ise %5,92 olmuştur (WITS: 2023).

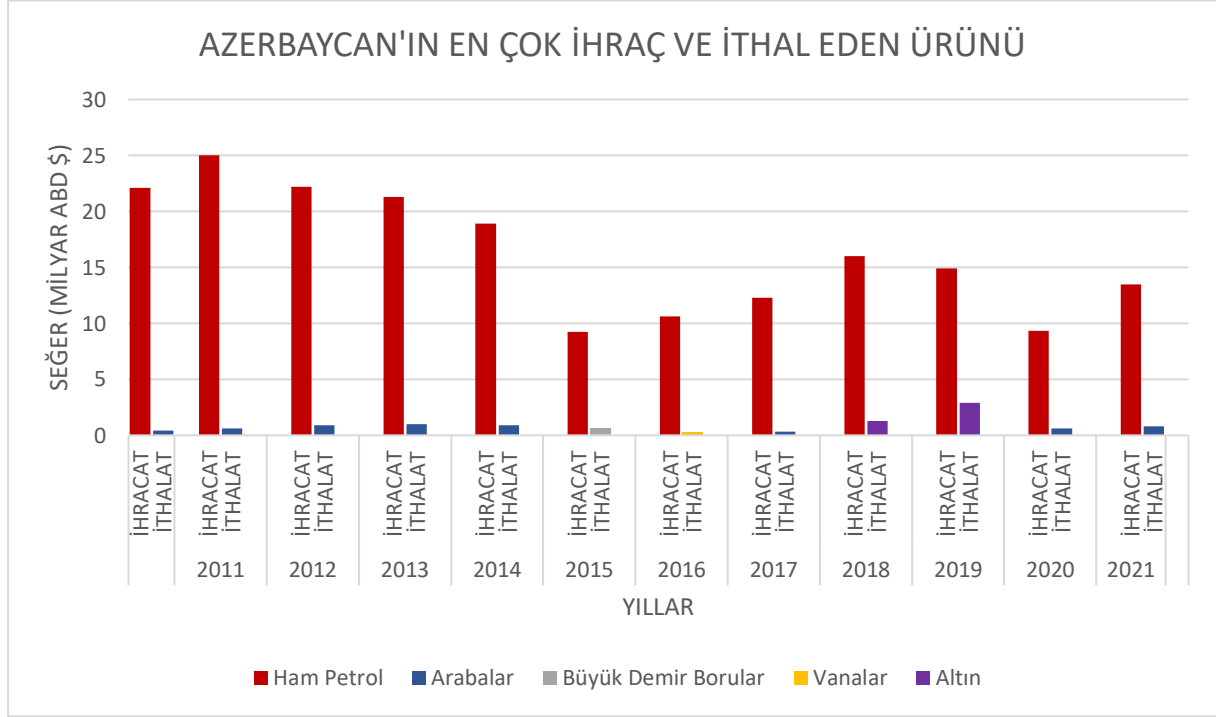
Türkiye 2010 en çok ihraç eden ürünü 6,21 Milyar ABD doları büyüklükle arabalar olurken, en çok ithal edilen ürün ise 10,3 Milyar ABD doları değeriyle Rafine Petrol olmuştur. 2010-2021 yılları arasında en çok ithal ve ihraç edilen ürünün maliyeti değişmekle birlikte şu üç ürün arasında olmuştur: Arabalar, Altın, Rafine Petrol (Şekil 17).



Şekil 17. Türkiye'nin 2010-2021 yılları arasında en çok ihraç ve ithal eden ürünün (OEC World, erişim yılı 2023).

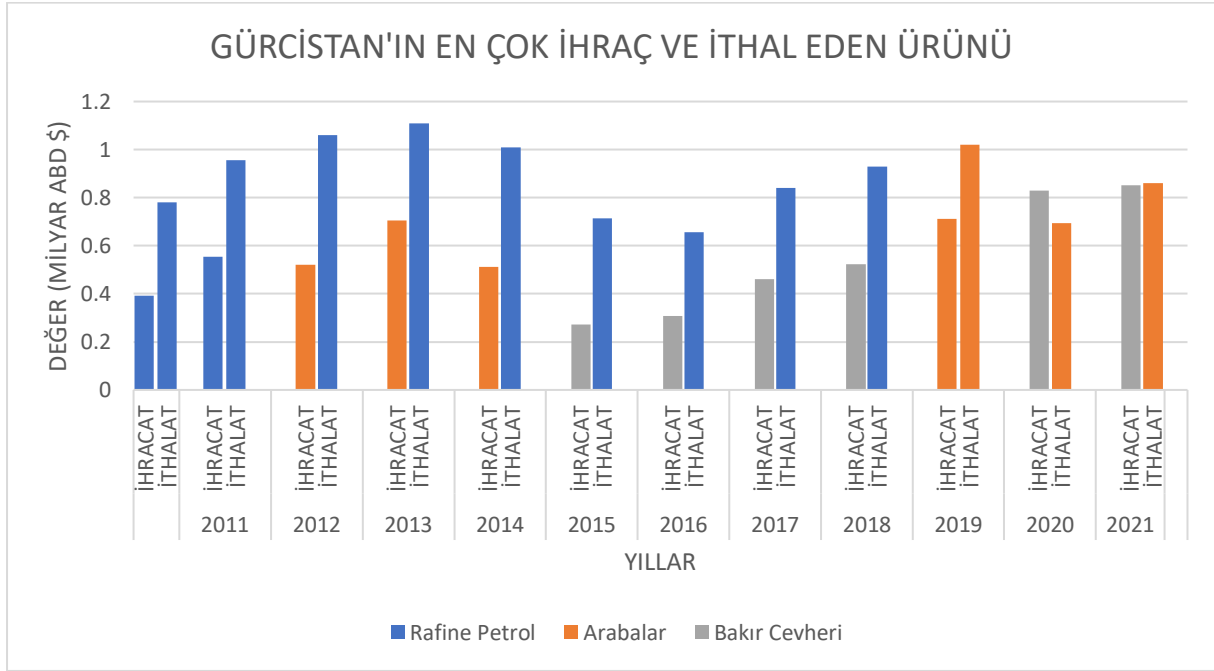
Bu zaman zarfında Azerbaycan'ın en çok dışsattım ve dışalım yaptığı ürünler her sene değişmekle birlikte Ham petrol, Arabalar, Büyük Demir Borular, Vanalar ve Altın olmuştur. 2010 yılında en çok ihraç edilen ürün 22,1 Milyar ABD doları maliyetle Ham Petrol olurken, 2021 yılında da 13,5 Milyar ABD doları değerinde aynı ürün olmuştur. 2010 yılında en çok

ithal edilen ürün ise 448 Milyon ABD doları değerinde arabalar olurken, 2021 yılında da 815 Milyon ABD doları değeri ile yine arabalar olmuştur (Şekil 18).



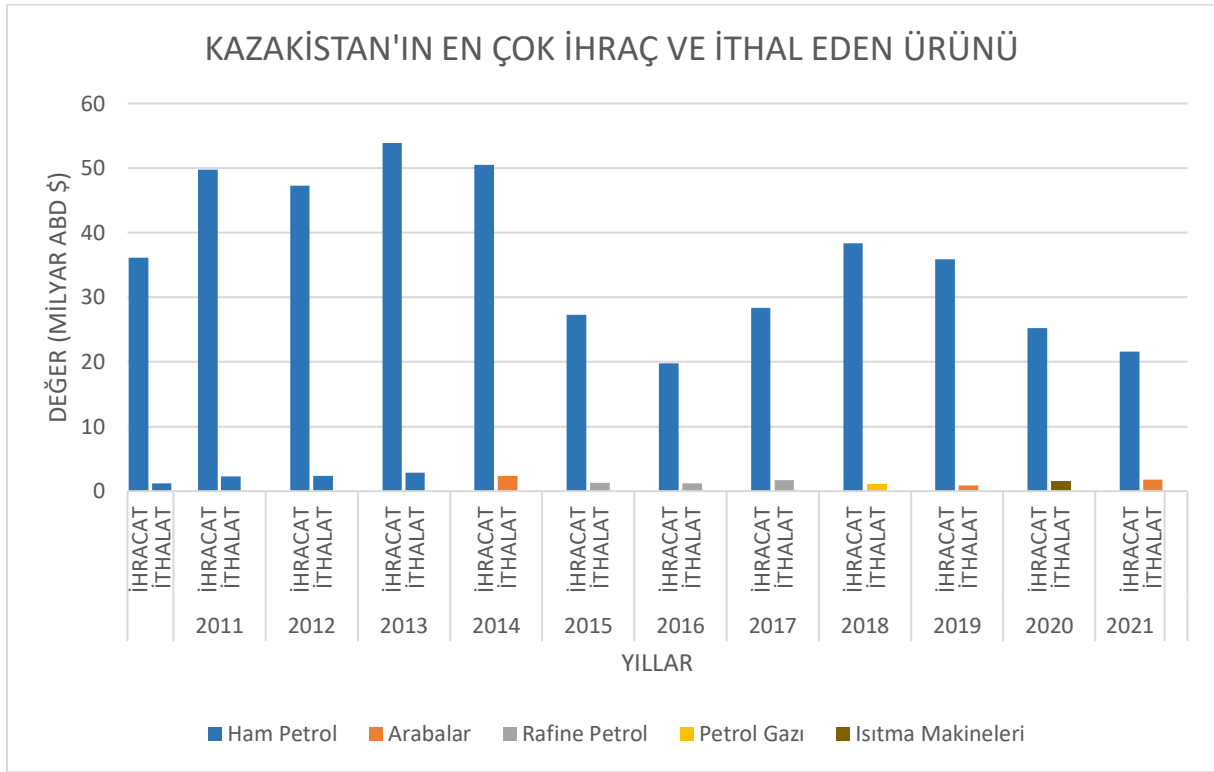
Şekil 18. Azerbaycan'ın 2010-2021 yılları arasında en çok ihraç ve ithal eden ürünü (OEC World, erişim yılı 2023).

2010 yılında Gürcistan'ın en çok ihraç eden ürünü 391 Milyon ABD doları değerinde Rafine Petrol olurken, en çok ithal edilen ürün de 780 Milyon ABD doları değeri ile Rafine Petrol olmuştur. 2010-2021 yılları arasında en çok ihraç ve ithal edilen ürün her yıl değişmekle birlikte Rafine Petrol, Arabalar ve Bakır Cevheri olmuştur. 2021 yılında en çok ihraç edilen ürün 852 Milyon ABD doları değerinde Bakır Cevheri olurken, en çok ithal edilen ürün ise 860 Milyon ABD doları değerinde Arabalar olmuştur (Şekil 19).



Şekil 19. Gürcistan'ın 2010-2021 yılları arasında en çok ihracat ve ithal eden ürünü (OECD World, erişim yılı 2023).

Kazakistan'ın 2010 yılındaki ticaretinde en çok ihracat edilen ürün, maliyeti 36,1 Milyar ABD doları olan Ham Petrol olurken, en çok ithal edilen ürün de 1,21 Milyar ABD doları değerinde Ham Petrol olmuştur. 2021 yılına bakıldığında Kazakistan'ın en çok ihracat eden ürünü tekrar 21,6 Milyar ABD doları değerinde Ham Petrol olurken, en çok ithal edilen ürün ise 1,75 Milyar ABD doları değerinde arabalar olmuştur. 2010-2021 yılları arasında en çok ithal ve ihracat edilen ürün bazen aynı ürün olmakla birlikte genelde Ham Petrol, Arabalar, Rafine Petrol, Petrol Gazı ve Isıtma Makineleri olmuştur (Şekil 20).



Şekil 20. Kazakistan'ın 2010-2021 yılları arasında en çok ihracat ve ithal eden ürünü (OEC World, erişim yılı 2023).

Kazakistan 2021 yılında toplam 53,6 Milyar dolarlık ihracat yaparak dünyanın 55. ihracatçısı olmuştur Rapor edilen son beş yılda Kazakistan'ın ihracatı 2016'da 39,4 Milyar \$'dan 2021'de 14,2 Milyar \$ artarak 53,6 Milyar \$'a yükselmiştir (OEC World, 2023).

Gürcistan 2021 yılında toplam 5,02 milyar dolarlık ihracat yaparak dünyanın 120 numaralı ihracatçısı olmuştur. Bildirilen son beş yılda Gürcistan'ın ihracatı 2016'da 2,57 Milyar \$'dan 2021'de 5,02 Milyar \$'a 2,45 Milyar \$ değişmiştir (OEC World, 2023).

Azerbaycan 2021 yılında toplam 22,8 Milyar dolarlık ihracat yaparak dünyanın 71 numaralı ihracatçısı olmuştur. Bildirilen son beş yılda Azerbaycan'ın ihracatı 2016'da 13,7 Milyar \$'dan 2021'de 9,09 Milyar \$ artarak 22,8 Milyar \$'a yükselmiştir (OEC World, 2023).

Türkiye 2021 yılında toplam 234 Milyar dolarlık ihracat yaparak dünyanın 28. ihracatçısı olmuştur. Bildirilen son beş yılda Türkiye'nin ihracatı 2016'da 158 Milyar dolardan 2021'de 75,3 Milyar dolar artarak 234 Milyar dolara yükselmiştir (OEC World, 2023).

SONUÇ

Bu çalışmada, 2010 yılından 2021 yılına kadar geçen sürede Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan ve Kazakistan'ın birbirleriyle yaptığı ihracat ve ithalatına dair verileri elde edilmiştir. Bu süreler zarfında Türkiye-Azerbaycan ticaretinde Azerbaycan'ın Türkiye'den ithalatı ihracatından yüksek olmuştur. Türkiye-Gürcistan ticaretinde de Gürcistan'ın Türkiye'den ithal eden ürün miktarı ihracatından fazla olmuştur. Türkiye-Kazakistan ticaretinde Kazakistan'ın Türkiye'den ithal eden ürün miktarı ihracatından fazla olmuştur. Gürcistan-Azerbaycan ticaretinde Azerbaycan'dan ithal edilen ürün miktarı fazla olurken, Gürcistan-Kazakistan ticaretinde ise Kazakistan'ın Gürcistan'a ihracat miktarı ithalatından fazla olmuştur. Kazakistan-Azerbaycan ticaretinde Kazakistan'ın Azerbaycan'a ihracatı ithal edilen ürün



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

miktarından fazla olmuştur. Ülkelerin arasında dünya ticaretindeki payı yüksek olan Türkiye'nin Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan'a ihracatı, bu ülkelerden ithal eden ürün miktarından fazla olmuştur.

Ülkelerin ekonomisi, ülkeye giriş ve çıkış yapan ürünlerden vergi alarak güçlü kalır. Ancak ülkeler ile iki taraflı anlaşmalı vergi indirimini veya bazı ürünler için vergi muafiyeti olacak şekilde teşvikler uygulanarak, Türkiye-Azerbaycan-Gürcistan-Kazakistan ilişkilerinde ticari büyüme yapılabilir.

Orta Asya ülkelerinin Çin ile ticari ilişkileri aralıksız devam etmesi, bu ülkelerin Avrupa ve diğer gelişmiş ülkelerle siyasi, ticari ilişkileri oluşturma veya güçlendirme olanağını kazandırmıştır. Orta Asya ülkelerinin coğrafi veri altyapısının güçlendirilmesi, diğer ülkelerin yolcu ve yük taşımacılığı planlamasında geleceğe yönelik sağlıklı ve gerçeğe yakın sonuçları elde edebilmesi için gereklidir.

Bu çalışmada kullanılan veriler, Dünya Bankası, "The Observatory of Economic Complexity", "World Integrated Trade Solution" sitelerinden elde edilmiştir. Elde edilen verileri Excel programından grafikler, tablolar oluşturarak ülkelerin birbirleriyle yaptığı ticaretine dair analizler yapılmıştır. Elde edilen matris, tablolar ve grafiklerden yararlanılarak geleceğe yönelik modellemeler yapılabilir.

ICOMNAS



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

KAYNAKÇA

GDP (current US\$). (2023). Dünya Bankası: <https://data.worldbank.org> adresinden alındı
Historical Data. (2023, Kasım). The Observatory of Economic Complexity (OEC.world): <https://oec.world> adresinden alındı
Population, Total. (2023, Kasım). Dünya Bankası: <http://www.data.worldbank.org> adresinden alındı
Tamamlanan Önemli Projeler. (2023, Kasım). BOTAŞ-Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirket: <https://www.botas.go.tr> adresinden alındı
Ticaret. (2023, Eylül). Azerbaycan Respublikasının Devlet Statistika Komitesi: <https://www.stat.gov.az> adresinden alındı
Trade Stats. (2023, Kasım). World Integrated Trade Solution (WITS): <http://wits.worldbank.org> adresinden alındı

ICOMNAS

Doctor-Patient Interactive Mobile Application with POS Integration

Mertcan TOMBAK¹

Batıkan Çağrı SAVCI²

Kazım YILDIZ³

Önder DEMİR⁴

Zeynep Nur SANDIKÇI⁵

Abstract

In the provision of healthcare services, which have become more complex today, the aim is to ensure communication between the patient and the experts in the relevant branch remotely, via mobile or web interface. The mobile platform created in this study aims to optimally organize the process by sharing report files, messaging, reviewing treatment details, appointment tracking, and sharing daily tasks. Thus, the aim is to improve existing conditions through a process that is easy to access and manage. Studies have observed that existing applications do not appeal to all age groups or are not preferred due to their functional inadequacies. For this reason, it is planned to develop a mobile application that can appeal to a wider age range, is easy to use, has high user experience and has functions that can meet the needs of the sector. The needs of the sector are determined in line with the literature review and information received from experienced people in the relevant field. Virtual POS integration and various payment methods are important for mobile health application users to access healthcare services easily and safely. It allows users to quickly access healthcare services and benefit from different payment options. Thus, healthcare providers both increase customer satisfaction and optimize business processes by facilitating the financial transactions of users of mobile health applications.

Keywords: mobile health application, treatment follow-up, flutter, healthcare services, virtual POS

¹ Computer Engineering, Faculty of Technology. Marmara University, 34854, Istanbul, Turkey, 0009-0001-3322-2780:

² Computer Engineering, Faculty of Technology. Marmara University, 34854, Istanbul, Turkey, 0009-0005-5026-691X

³ Computer Engineering, Faculty of Technology. Marmara University, 34854, Istanbul, Turkey, 0000-0001-6999-1410

⁴ Computer Engineering, Faculty of Technology. Marmara University, 34854, Istanbul, Turkey, 0000-0003-4540-663X:

⁵ Sipay Electronic Money and Payment Services Inc, 0000-0001-9201-3690

1.Introduction

With the advancement of technology in healthcare, mobile applications play an important role in the healthcare sector. However, individuals face some difficulties in doctor-patient interaction and the process needs improvement. Therefore, this study aims to present an innovative mobile application design to improve doctor-patient interaction and facilitate access to healthcare services. Under this title, the potential of mobile application design will be emphasized based on the complexities related to doctor-patient interaction in the existing literature and the inadequacies of the functions in mobile applications, and a solution proposal will be presented to meet user needs in this direction. The aim of this thesis is to address the issues in doctor-patient interaction such as communication difficulties, information sharing deficiencies, appointment management difficulties and treatment follow-up, while examining how mobile application design can help overcome these problems. In addition, factors such as user needs identification, application design for user experience, data security and privacy will also be considered. As a result, this thesis aims to contribute to making healthcare services more effective and accessible by presenting a mobile application design to improve doctor-patient interaction. Virtual POS integration and various payment methods are critical for mobile health applications to provide users with easy and secure access to healthcare services. This integration enables users to pay for healthcare services quickly and benefit from different payment options. Thus, by facilitating the financial transactions of users of mobile health apps, healthcare providers increase their revenues and optimize their business processes.

Mobile health applications have a great potential for health service delivery and public health education. Research in this field reveals different approaches to the design, development and usability of mobile health applications. Developers of mobile health applications generally aim to port current web-based or desktop applications to mobile devices or to build similar applications for mobile platforms based on these applications. However, users prefer applications that are innovative and utilise the main advantages of mobile devices. This situation shows that mobile health applications need unique design and development approaches in order to fully utilise mobile platforms (Liu, C. et al., 2011)

The World Health Organization defines mobile health as supporting health applications with technologies such as mobile phones, patient monitoring devices and personal electronic assistants (World Health Organization,2011). Similarly, the National Institutes of Health Foundation defines it as the offering of health services via communication devices (Torgan, C. ,2009)

Barton, stated that mobile health applications are an important element in facilitating access to health services and health information today. With the widespread use of mobile health applications worldwide, it has become clear that these applications should be assessed for safety, effectiveness and appropriateness. It concluded that the impact of regulation on mobile health applications should strike a balance between patient safety and encouraging innovation. As a result, the content and design of the applications developed have been shaped by consideration of this balance. However, it was noted that a patient-centred approach is a fundamental principle in the regulation of mobile health applications. A patient-centred approach requires prioritising factors such as patient safety, privacy, data security and user experience. The effectiveness and reliability of these applications, which facilitate access to healthcare services, play a critical role in supporting patients' health decisions (Barton, A. J. 2012).

Emin, K. et al. observed that digitalisation has become a rapidly progressing process today and almost every service sector and organisational structure is trying to adapt to this change. These

transformation efforts have led to the emergence of the concepts of digital individuality and digital society for individuals and society. Similarly, in the field of health, we can see that the technological transformation process is effective and that mobile health applications are being incorporated into the lives of individuals and society. This situation has led to the issue of digital health literacy becoming more important. In this context, this study was conducted based on field research to describe the status of use of mobile health applications and its relationship with eHealth literacy. According to the results of the study, the eHealth literacy level of the participants was as high as 3.76. The research results also showed that 93.51% of respondents prefer mobile health applications in various types to meet their health needs. This situation shows that mobile health applications are used intensively and widely at the societal level. Similarly, it was observed that among the frequently used categories of mobile health applications, online appointment booking applications such as MHRS, Cep Hastane are in the first place and applications that track personal health data such as e-pulse, analysis results are in the second place. As a result of the correlation analysis, it was found that there is a positive, linear and significant relationship between the level of e-health literacy and the frequency of use of mobile health applications. In other words, as the use of mobile health applications increases, so does the level of e-health literacy. It was also found that the higher the level of education, the higher the level of e-health literacy. In this context, the study conducted and the application developed aim to contribute to the creation of an aware society with a high level of literacy in the field of mobile health. (Emin, K. et al., 2023)

Toygar mentioned that mobile health applications offer the opportunity to reduce costs with the developing medical technology and that radical changes have taken place in the patient-doctor relationship. It is concluded that health services should be delivered digitally and provide multi-stakeholder service delivery by increasing communication between doctors of different specialities, going beyond the patient-doctor relationship. In addition, health services are being delivered online, depending on the nature of the demand (as physical contact can be minimised), and are becoming interactive in terms of post-diagnostic follow-up. The use of mobile health applications is spreading from high-income to upper-middle-income countries around the world. Even in some first-line diagnosis and treatment processes, the use of mobile health applications related to the latest medical technology is reported to be increasing in lower-income countries. It should be noted that the distinction between central countries, which produce technology, and peripheral countries, which demand it, is important (Toygar, Ş. A. 2018). Therefore, it is very important for our country to take a more active role in this sector in the future and to have a solid base for further breakthroughs. With the mobile application developed and the infrastructure created, this system, designed with the advances in mobile health, will also form the basis for future studies.

Mobile health applications are effective tools that enable users to easily access healthcare services. However, a fast and secure realisation of payment processes is an important factor to further improve the user experience of mobile health applications. Therefore, virtual POS integration is a solution that makes it easier for users to pay for healthcare services in mobile health applications (Pantano, E. et al., 2012).

2. Material and Method

2.2. Application infrastructure

In this study, an application infrastructure was developed using the .NET Core platform developed by Microsoft. For the API service, the layered architecture and the Entity Framework structure developed for the mobile application, an infrastructure was created with

.NET Core (Microsoft, 2023) This structure provides a foundation with an enterprise architecture that is independent of the platform and other components used. This foundation provides a suitable basis for any future development. As part of the study, a mobile application was developed using the Flutter platform developed by Google. The Flutter platform has been identified as the tool to be used for mobile application development in this study and the Dart programming language is used in this context. Flutter provides a large widget library, which allows the user interface components to be quickly created and customised during the application development phase (Flutter, 2023). On the backend, a database was created using the MySQL database management system developed by Oracle. Relational definitions and table structures were created on this database (MySQL, 2023) Database connections were then established using the API service to provide access and data management (Joshi, B., 2019)

2.2.Hosting service

As part of this study, the hosting service was obtained and the API service was published on this platform using the specified domain name. User accounts were created for team members to access the hosting service. Connection information, management of content published on the hosting and management of additional services received in this context were provided. Additional services such as FTP, email service, database support, domain name and subdomain name are provided with the hosting service (Google Domains,2023).

2.3.Virtual POS integration

Virtual POS integration allows users to pay for healthcare services using credit cards, debit cards or other electronic payment methods. This integration works in conjunction with secure data encryption and user authentication processes to protect users' sensitive financial information. Users can easily make payments through the mobile health app. This simplifies the payment process and improves the user experience (Pantano, E. et al., 2012) Adding virtual POS integration to mobile health applications offers many benefits to healthcare providers. First, this integration can increase revenue for healthcare providers. Payments made through the mobile application are processed more quickly than manual payment processes, enabling more effective financial management for healthcare providers. In addition, virtual POS integration can automate financial processes with features such as automated invoicing and payment reminders. This saves staff time and increases operational efficiency (Ayhan, A., 2018).

2.4.Architecture of the proposed study

An example diagram of the application development process and the established architecture is shown in Figure 1. The management panel that may be installed on this infrastructure in the future is also included in the diagram. Although this diagram basically shows the layers in the project, it can be seen that services that can be used in different areas can be added to the layered architecture and API project, and that it supports many other platforms.

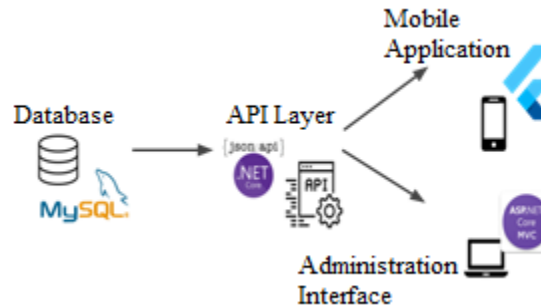


Figure 1. Example diagram of the project

3.Results

In this study, a mobile health application was developed using a .NET Core based API service and Flutter developer kit. During the research, mobile health applications, the potential in this field, similar applications and many points to consider during application development were analysed. The application was evaluated on factors such as user experience, usability, security and performance. As a result of the research, it was concluded that the mobile health application should have a user-friendly interface and easy navigation, and an interface was designed accordingly. In addition to having a user-friendly interface, it was determined that the application should be adequate and successful in terms of functionality by including the necessary features. In the application developed in this context, innovative services were created by taking into account the shortcomings and improvable aspects of existing applications. In particular, an application has been developed that prioritises the follow-up of the treatment process and the doctor-patient interaction. The performance of the mobile health application allows users to access data quickly and carry out their transactions smoothly. As an additional finding, it was concluded that adding virtual POS integration to mobile health applications facilitates user access to health services, speeds up the payment process and provides security. For healthcare providers, it is concluded that it is beneficial in terms of financial management, revenue generation and increased operational efficiency. NET Core based API service is designed to have an enterprise architecture that is platform and database agnostic. This provides a foundation for future development and expansion, as well as a sustainable and easy to maintain infrastructure.

4.Conclusion

The developed application and infrastructure is suitable for integrated work not only with specialists and doctors, but also with clinics and health centres. As for future studies, with the integration of the payment method to be added to the application, users will be able to access additional services and service providers will be able to expand their target audience. It is believed that the success of the application can be increased by continuing the application development and maintenance process by receiving user feedback and analysing application usage and treatment process data. In addition, future plans include supporting the application with additional services to be provided and increasing the range of services that can be offered to reach wider target groups.



AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to the work.

FUNDING

This study is supported by Sipay Electronic Money and Payment Services Inc

CONFLICT OF THE INTEREST

All authors have read and accepted the published version of the article. The authors declare no conflict of interest.





REFERENCES

- Liu, C., Zhu, Q., Holroyd, K. A., & Seng, E. K. (2011). Status and trends of mobile-health applications for iOS devices: A developer's perspective. *Journal of Systems and Software*, 84(11), 2022-2033.
- World Health Organization. (2011). *mHealth: new horizons for health through mobile technologies*. mHealth: new horizons for health through mobile technologies.
- Torgan, C. (2009). *The mHealth summit: local & global converge*. Washington DC.
- Barton, A. J. (2012). The regulation of mobile health applications. *BMC medicine*, 10, 1-4.
- Emin, K., & Erdal, E. (2023). Bireylerin Mobil Sağlık Uygulaması Kullanım Durumu ve E-Sağlık Okuryazarlığı İlişkisi. *İşletme Bilimi Dergisi*, 11(1), 1-14.
- Toygur, Ş. A. (2018). E-sağlık uygulamaları. *Yasama Dergisi*, (37), 101-123.
- Pantano, E., & Servidio, R. (2012). Modeling innovative points of sales through virtual and immersive technologies. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 19(3), 279-286.
- .NET | Build. Test. Deploy. Microsoft. .NET Core. Retrieved June 13, 2023, from <https://dotnet.microsoft.com/>
- Flutter - Build apps for any screen. Flutter. Retrieved June 13, 2023, from <https://flutter.dev/>
- MySQL. MySQL. Retrieved June 13, 2023, from <https://www.mysql.com/>
- Joshi, B., & Joshi, B. (2019). ASP. NET Core Web API. *Beginning Database Programming Using ASP. NET Core 3: With MVC, Razor Pages, Web API, jQuery, Angular, SQL Server, and NoSQL*, 175-226.
- Google Domains – Register Your Domain Name – Google Domains. Google Domains. Retrieved June 13, 2023, from <https://domains.google/>
- Ayhan, A. (2018). Electronic commerce and a virtual POS application for online payment system in Turkey.

ICOMNAS



Structural Optimization with Surrogate-Based Optimization Method for an Aircraft Wing

Merve KENTER AHRAZOĞLU¹

Erdem ACAR²

Abstract

In today's world, simulation technology has high reliability which takes plenty of time. Due to the restricted schedule of the study, extended simulation time is always a problem. Surrogate-based optimization (SBO) improves a meta-model for an optimization process. It approximates objective and constraint functions by allocating diverse designs of experiment points. The methods of optimization have been developed to yield the best results in the last two decades. To have the best option, the meta-model is improved with an adequate number of design of experiment samples. A surrogate model helps to obtain a mathematical model of simulations. As a numerical form of analysis, the meta-model is a practical way to optimize structural parts. SBO is an efficient way to optimize several simulation data, such as the results of computational fluid dynamics (CFD) simulations for complex engineering problems. This study extends a 2D-validated CFD setup to a 3D wing model, ensuring the use of a realistic structural model. Then, it effectively validates the optimization algorithms through a Speed Reducer test case. The research employs SBO in conjunction with a parametrized finite element model (FEM) by focusing on mass optimization while considering constraints of frequency and compliance. An optimum is achieved in about 36 iterations with results suggesting promising outcomes, although the results are not definitive best candidates. The optimization method's validity is further supported by comparison with established optimization methods by highlighting its potential in structural optimization.

Keywords: Aircraft wing, sequential quadratic programming (SQP), structural optimization, surrogate-based optimization (SBO), weight minimization

¹ MSc. Student, TOBB University of Economics and Technology, Mechanical Engineering, m.kenter@etu.edu.tr

² Prof. Dr., TOBB University of Economics and Technology, Mechanical Engineering, orcid: 0000-0002-3661-5563 acar@etu.edu.tr

Introduction

Optimization is a significant research area to realize multiple systems that work collaboratively for all disciplines. A complex design optimization procedure aims to the best performed system under the system requirements. In the aircraft industry, it is expected that less weighted complex structural designs meet sub-systems' requirements, and have high performance at the same time. The main objective is to simulate the complex design such as the wing, and optimize by considering aerodynamic performance parameters, and manufacturing constraints, cost in a limited time line. In today's world, simulation technology has a high reliability that takes plenty of time (Yang, 2016). Due to the restricted schedule of the study, extended simulation time is always a problem. A surrogate model helps to obtain a mathematical model of simulations. As a numerical form of analysis, the metamodel is a practical way to optimize structural parts. Thus, analysis methods are applied to the metamodel, including uncertainty analysis (Xie, Nelson, & Barton, 2014), sensitivity analysis (Yu Zeng, 2012), and optimization (Mariam Triki, 2011). The methods of optimization have been developed to get the best results in the last two decades. To having a best option, the metamodel is improved with an adequate number of designs of experiment samples. Several researches focus on weight minimization studies to achieve targeted weight by considering structural strength criteria in compatible related disciplines. The objective function of mass is formed by the design of experiment samples in SBO. In this paper, a combined structural design optimization which includes initial topology optimization for internal structures of the wing, and size optimization with SBO methods are compared with generic optimization methods.

Reference Analyses and Optimization Model

The Geometry of the Wing Model and Mechanical Properties.

NACA wing profiles are frequently used in trainer aircraft wings. In particular, it is used in 6-series turboprop training aircraft (Yıldırım, 2021). NACA 63415 profile is used for the root chord, and NACA 63212 profile is used for the tip chord of the wing. The data on the airfoils are obtained from the referenced website (Airfoil Profiles, n.d.). The profiles of the airfoils are shown in Figure 1, and the upper view of the wing is shown in Figure 2.



Figure 1. NACA Airfoil Profiles a) NACA 63415 b) NACA 63212

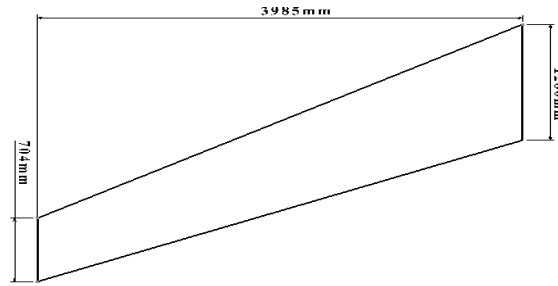


Figure 2. Dimension of the Wing

In this study, the material of all internal and external structures of the wing is selected as aluminum 7075 with the mechanical properties given in Table 1.

Table 1- Mechanical Properties of the Wing Material (Aluminum 7075)

Young Modulus	71000 MPa
Poisson Ratio	0.3
Density	2660 kg/m ³

2D Airfoil Test Case for Verification of Aerodynamic Analysis.

In this study, aerodynamic analysis is performed by using HyperWorks CFD-AcuSolve software. Simulation results are compared with reference (NASA-Langley Research Center, 2023), which has similar flight conditions to this study. NACA Airfoil 0012 is used as the validation test case with a Mach number of 0.3, Reynolds number of $6 \cdot 10^6$, and 0.0169° angle of attack. The experimental and simulation results from the reference data are shown in Figure 3. The simulation results obtained in this study are compatible with reference (NASA-Langley Research Center, 2023) as Figure 3, where pressure coefficient C_p is used in comparison.

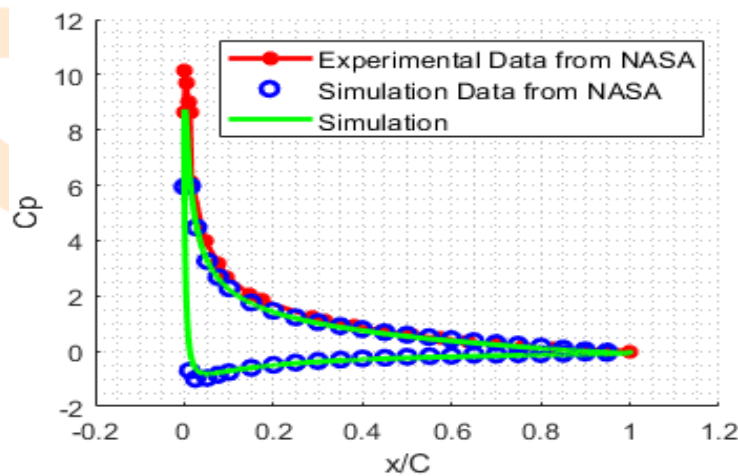


Figure 3. Comparing C_p Simulation Results and NASA's Results (NASA-Langley Research Center, 2023)

Reference Aerodynamic Analysis.

The aerodynamic analysis is performed to compute the pressure loads (for cruise conditions) on the wing, which will be imported into the structural finite element model. The simulation is realized with the parameters as indicated below in Table 2.

Table 2- Aerodynamic Parameters of the Wing

Angle of attack	0°
Fluid Material	Air
Density	1.225 kg/m ³
Viscosity	1.781x10 ⁻⁵ kg/m.s
Equation of Fluid	Navier-Stokes
Model of Turbulent	Spalar-Allmaras
Inlet Velocity	135 m/s
Number of Nodes	4,956,795
Total Number of Elements	29,391,102
Tetrahedral Elements	29,316,478
Prism Elements	74,624

The structure of the CFD mesh is shown in Figure 4. The quality of mesh is defined by some defined parameters such as aspect ratio, and skewness. The mesh metrics are shown in Table 3.

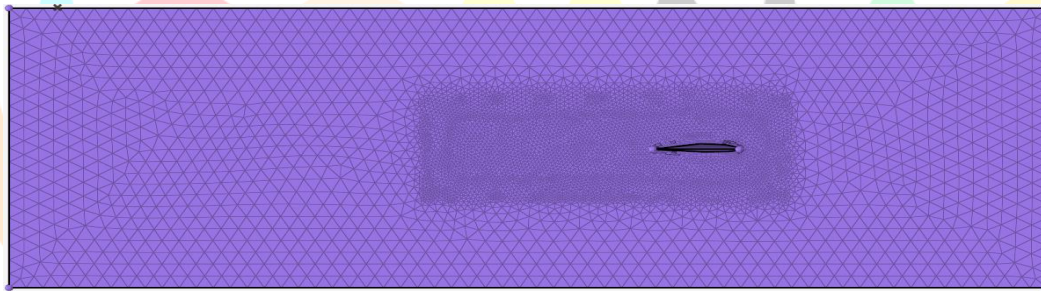


Figure 4. The Finite Element Model of the Wing for CFD Simulation

Table 3- Meshing Elements Properties of the CFD Model

Aspect Ratio	>10
Skew	> 60
Jacobian	≤0.7
Volumetric Skewness	>5

As a result of the aerodynamic simulation, the pressure distribution is displayed in the unit of Pascal in Figure 5. The velocity result of the simulation according to the inlet velocity is presented in Figure 6. At the end of the aerodynamic simulation, the pressure results are

imported into the structural model to load the wing and then optimize the thickness of the ribs, spars, and skins.

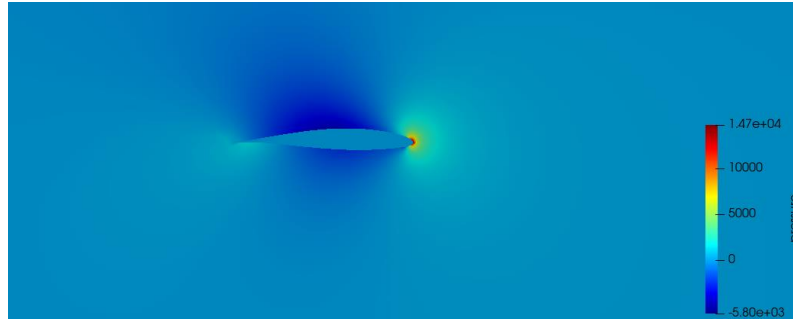


Figure. 5 Pressure Results of the Wing

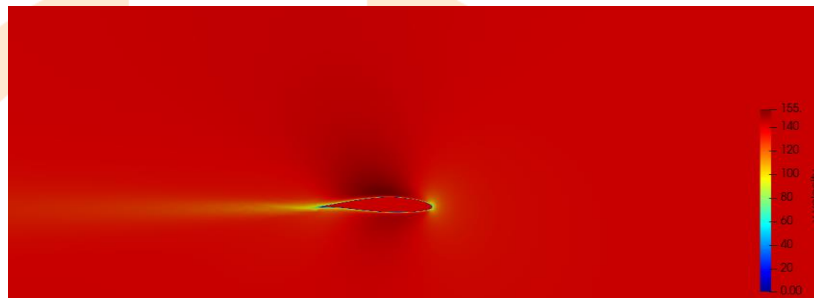


Figure. 6 Velocity Results of the Wing

Topology Optimization for Rib and Stringer Layout of The Wing

The 3D geometric model is a black box model for topology optimization. The black box model is used for defining dense areas that are critical in terms of static loads for the wing, and in agreement with the aerodynamic force. The topology optimization study helps to define the proper positions of ribs and spars in a view of the structural optimization. The layout study from bulk geometry to lattice structure is demonstrated in Figure 7.

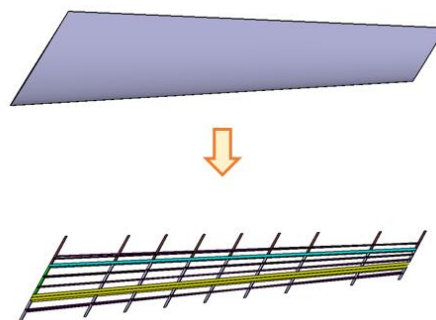


Figure 7. The Layout Study from Bulk Geometry to Lattice Structure

The topology optimization study is divided into four different cases with four different conditions as in Table 4.

Table 4- Parameters of Topology Cases

	Case1	Case2	Case3	Case4
Objective Function	Minimize compliance	Minimize compliance	Minimize compliance	Minimize compliance
Constraint	Volume fraction-0.40	Volume fraction-0.35	Volume fraction-0.30	Volume fraction-0.30
Discrete-parameter	3	3	3	5

The cases provide different densities of element distribution results. This evaluation of the four cases helps to identify the optimal positions for the internal structures of the wing to get a lighter design. The results of the topology optimization cases are shown in Figure 8.

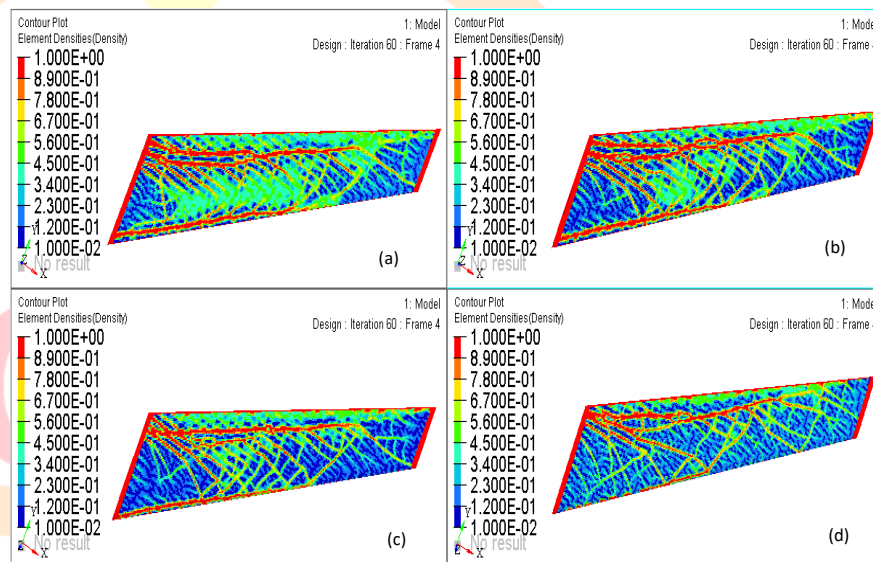


Figure 8. Results of Topology Optimization: a) Case1 b) Case2 c) Case3 d) Case4

The structural model is designed by using CATIA V5 via extracted dense surfaces from HyperMesh. Figure 9 shows the dense areas to place ribs and spars. The internal structures are located by approximation of the dense areas.

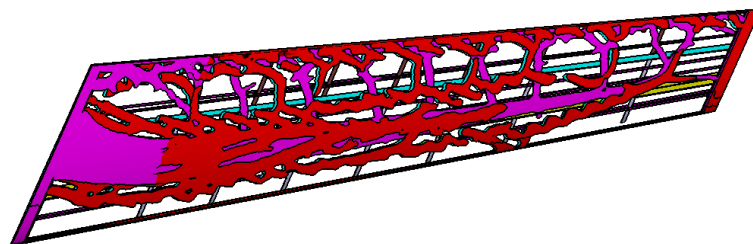


Figure 9. Extracted Surfaces from Result of Topology Cases

Finite Element Model of the Wing.

The structural finite element model is shown in Figure 10. This model is divided into eight sections along the chord of the wing. The sections represent eight different skin thicknesses of the wing to define the design variables of the size optimization.

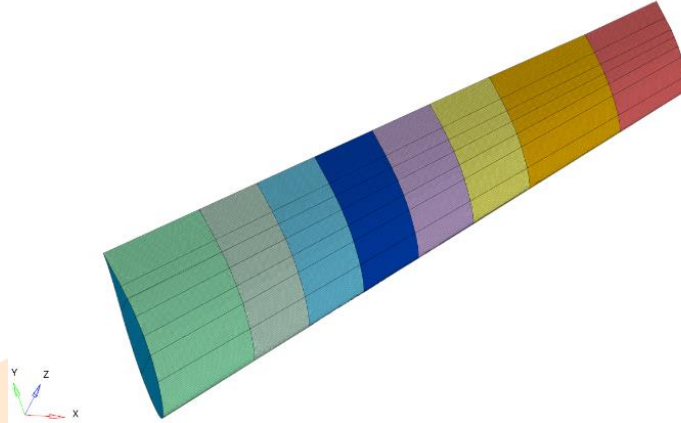


Figure 10. The Structural Finite Element Model of the Wing

The structural mesh element metrics are shown in Table 5.

Table 5- Meshing Elements Properties of the Structural Model

Aspect of ratio	>5
Warpage	>5
Skew	>60
Jacobian	<0.70
Size of The Elements	10 mm
Total number of Elements	101559
Tria3	4034
Quad4	97525

In the following mesh model, the Von-Mises stress result is as Figure 11.

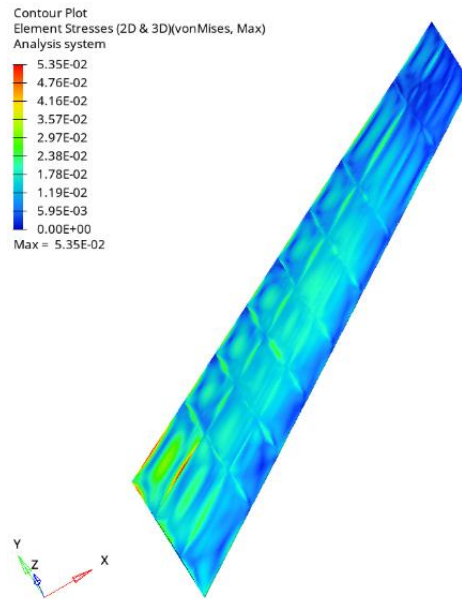


Figure 11. Initial VonMises Stress Results of the Wing

The initial absolute maximum principal stress result is demonstrated in Figure 12.

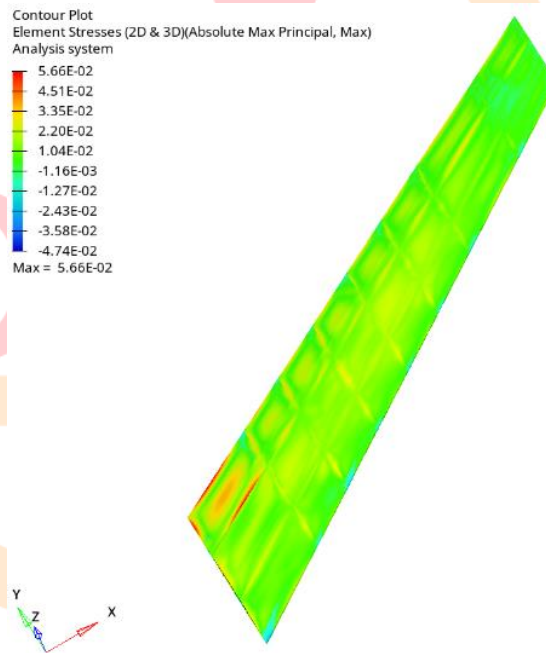


Figure 12. Initial Absolute Maximum Principal Stress Results of the Wing

The initial displacement result is shown in Figure 13.

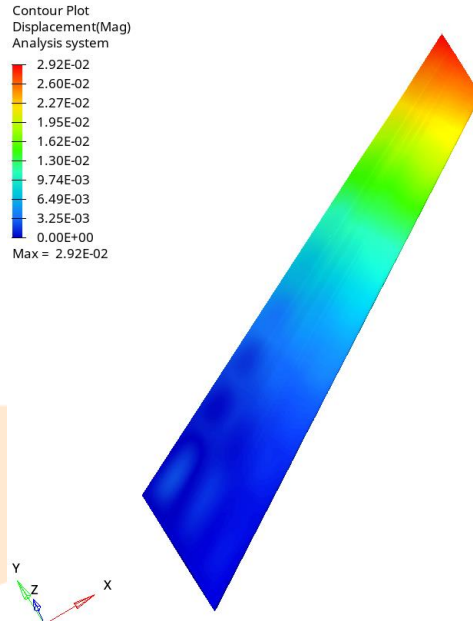


Figure 13. Initial Displacement Results of the Wing

In this normal mod analysis is studied for two modes. The minimum frequency is nearly 6.9 Hertz, and 8.5 mm displacement is occurred via this minimum frequency. Maximum frequency is approximately 32.5 Hertz, and 10.1 mm displacement is occurred via this maximum frequency. The result is shown in Figure 14.

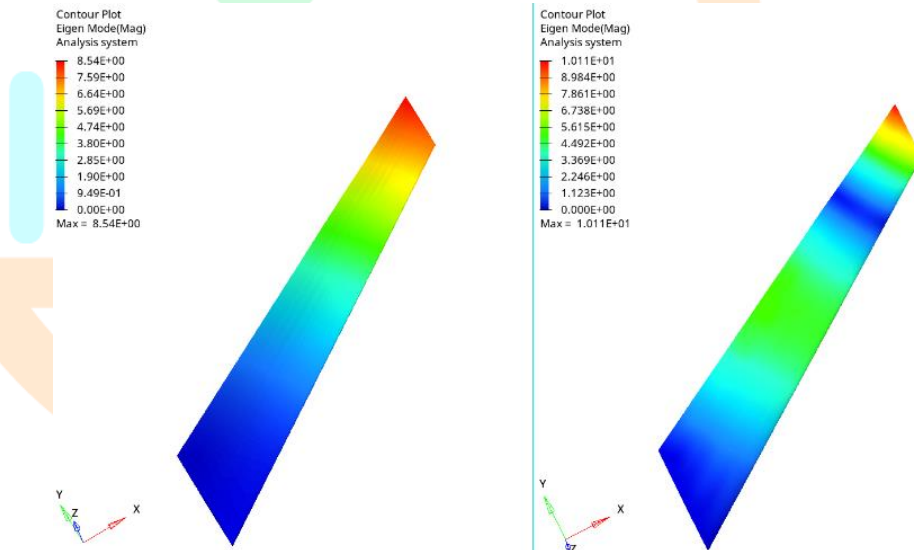


Figure 14. Initial Normal Mod Analysis Result of the Wing: a) Mod1=6.85 Hz b) Mod2=32.46 Hz

Optimization Test Case for Validation

In this study, the validation test case is taken from reference (H. L. Li, 1985). A speed reducer is used as the case as shown in Figure 15, where x_1 is the width of the gear surface, x_2 is gear, x_3 the number of pinion teeth, x_4 , and x_5 are bearing spacing, x_6 and x_7 are the diameter of the shaft.

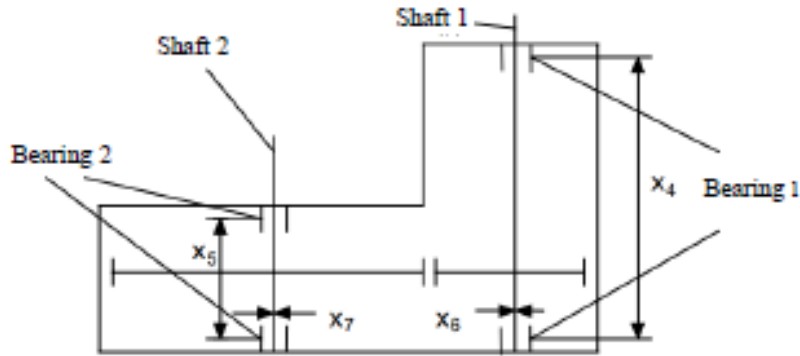


Figure 15. Model of Speed Reducer (Zhenguo Wang, 2014)

Seven design variables with lower and upper bounds as well as the starting points are used in optimization (see Table 5).

Table 5- Values of the Design Variables

	Lower Value	Starting Value	Upper Value
x_1	0.9	2.6	3.6
x_2	0.7	0.7	0.8
x_3	17.0	17.0	28.0
x_4	7.3	7.3	8.3
x_5	7.3	7.3	8.3
x_6	2.9	2.9	3.9
x_7	5.0	5.0	5.5

The objective function, and eleven constraints are given below:

$$f(x) = 0.7854 x_1 x_2^2 (3.3333 x_3^2 + 14.9334 x_3 - 43.0934) - 1.508 x_1 (x_6^2 + x_7^2) + 7.477(x_6^3 + x_7^3) + 0.7854(x_4 x_6^2 + x_5 x_7^2)$$

$$g_1(X) : 27 x_1^{-1} * x_2^{-2} * x_3^{-1} - 1 \leq 0, (1) g_2(X) : 397,5 * x_1^{-1} * x_2^{-2} * x_3^{-2} - 1 \leq 0,$$

$$g_3(X) : 1.93 * x_2^{-1} * x_3^{-1} * x_4^3 * x_6^{-4} - 1 \leq 0,$$

$$g_4(X) : 1.93 * x_2^{-1} * x_3^{-1} * x_5^3 * x_7^{-4} - 1 \leq 0,$$

$$g_5(X) : 10x_6^{-3} * \sqrt{(745 * x_2^{-1} * x_3^{-1} * x_4)^2 + 1.69 \times 10^7} - 1100 \leq 0,$$

$$g_6(X) : 10x_7^{-3} * \sqrt{(745 * x_2^{-1} * x_3^{-1} * x_5)^2 + 1.575 \times 10^8} - 850 \leq 0,$$

$$g_7(X) : x_4^{-1} * (1.5 * x_6 + 1.9) - 1 \leq 0,$$

$$g_8(X) : x_5^{-1} * (1.1 * x_7 + 1.9) - 1 \leq 0,$$

$$g_9(X) : x_2 * x_3 - 40 \leq 0,$$

$$g_{10}(X) : 5 * x_1 * x_2^{-1} \leq 0,$$

$$g_{11}(X) : x_1 * x_2^{-1} - 12 \leq 0 \text{ (Xiong Qing Yu, 1998)}$$

The optimum value of the objective function is found to be $f^* = 2994.34$, in (H. L. Li, 1985). In our study, the SBO is implemented with infill sampling criteria via MATLAB, and the optimum value of the objective function is computed as $f^* = 2994.36$. The difference is negligible. Figure 16 shows that the optimization is converged at the end of the thirtieth iteration.

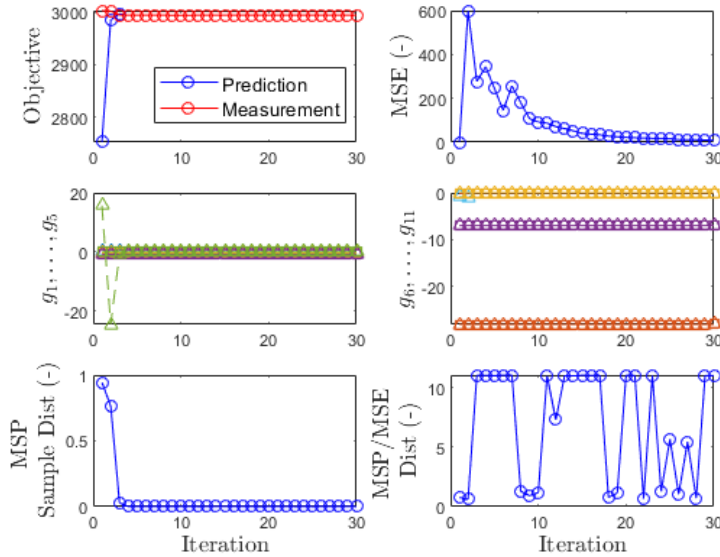


Figure. 16. Monitoring Surrogate-Based Optimization Results of the Test Case

Infill Sampling Criteria for Surrogate-Based Optimization

Theoretical Aspect of Infill Sampling Method.

Upon the creation of the surrogate models from the data which is extracted from expensive numerical function evaluations, the surrogate models themselves can guide drawing a new sample from the design space by solving an optimization problem which is named “sub-optimization” defined by an infill-criteria (Chen-Zhou Xu, 2018). In this study, two types of infill criteria have been utilized, namely, Minimizing Surrogate Prediction (MSP) and Mean Squared Error (MSE), due to their computational practicality for higher dimension applications although they could be disadvantageous comparison with their counterparts (Han, 2016).

Minimizing Surrogate Prediction (MSP).

In this criterion, the built surrogate model for the objective is minimized under the given constraints of the problem in order to exploit the readily available models. A process to solve this sub-optimization problem can be designed with a loop of gradient-based or gradient-free approaches. The sub-optimization can be expressed as:

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \hat{f}(X) \\ & \text{w.r.t. } X_{lower} \leq X \leq X_{upper}, \\ & \text{s.t. } \hat{g}_i(X) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n_c \end{aligned}$$

where $\hat{f}(\cdot)$ and $\hat{g}_i(\cdot)$ are the surrogate models for the objective and constraints respectively, and $X \in \mathbb{R}^{n_x}$ is the design variable with a dimension of n_x from the design space between upper and lower values X_{upper} , X_{lower} respectively, and finally n_c is the number of constraints. In this study, the resulting optimum design point X^* is achieved through SQP with 100,000 as the maximum iterations, and 100,000 as the maximum evaluations of surrogate model functions for a robust decision within a high dimensional space.

Mean Squared Error (MSE).

In this criterion, the built surrogate models are utilized to explore the design space more to enhance the accuracy of the models by maximizing the MSE value from the surrogate model. This sub-optimization is handled as a constrained maximization as following in the literature,

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } MSE(\hat{f}(X)) \cdot \prod_{i=1}^{n_c} P[\hat{g}_i(X) \leq 0] \\ &\text{w.r.t. } X_{lower} \leq X \leq X_{upper} \end{aligned}$$

However, due to the computational practicality, the maximization problem is handled as in sub-optimization for MSP, as the following,

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } MSE(\hat{f}(X)) \\ &\text{w.r.t. } X_{lower} \leq X \leq X_{upper} \\ &\text{s.t. } \hat{g}_i(X) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n_c, \end{aligned}$$

where $MSE(\cdot)$ is the mean squared error function.

Structural Optimization with Surrogate- Based Optimization Method

The surrogate model is set up with a guide indicated in Figure 17.

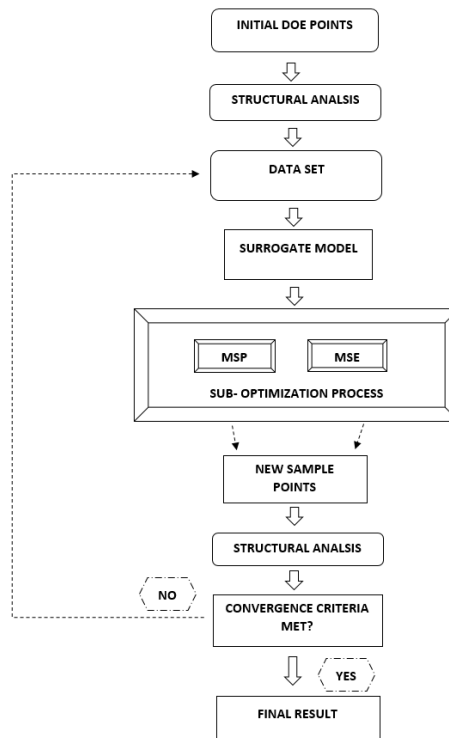


Figure 17. Flow Chart of Surrogate-Based Optimization Based on Multidisciplinary Feasible (MDF) Architecture for the Wing

Ten design variables and their simulations are automatized with the structure of the SBO in MATLAB to explore the minimum value of the problem.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \quad M_{wing} \\ & \text{w. r. t.} \quad X_{lower} \leq X \leq X_{upper} \\ & \text{s. t.} \quad \omega_{min} - \omega(X) \leq 0 \\ & \quad \quad C(X) - C_{max} \leq 0 \end{aligned}$$

where M_{wing} is the mass of the wing, ω is the first mode frequency at the design point X , ω_{min} is the minimum desired mod frequency, C is the compliance, and C_{max} is the maximum desired compliance. In theory, maximization of stiffness means minimization of compliance, and the expressed equation of compliance from (Yuanteng Jiang, 2023) as eq. (1).

$$C = F^T U \quad (1)$$

where C is the compliance, F represents the nodal force vectors, U is global displacement vector. The thickness of the main spar is denoted with M_t , the thickness of the rear spar is denoted with R_t , and the thicknesses of Skin1 through Skin8 are denoted with S_1 through S_8 . The upper and lower bounds of these quantities are indicated in Table 7.

Table 7- Values of the Design Variables

	Lower Value (mm)	Starting Value (mm)	Upper Value (mm)
M_t	1.2	5.0	5.0
R_t	1.2	5.0	5.0
S_1	1.2	3.0	5.0
S_2	1.2	3.0	5.0
S_3	1.2	3.0	5.0
S_4	1.2	3.0	5.0
S_5	1.2	3.0	5.0
S_6	1.2	3.0	5.0
S_7	1.2	3.0	5.0
S_8	1.2	3.0	5.0

The optimum result converges $f^* = 77,67$ as shown in Figure 18, and the prediction and measurement of the objective function are in harmony at the end of the thirty-sixth iteration.

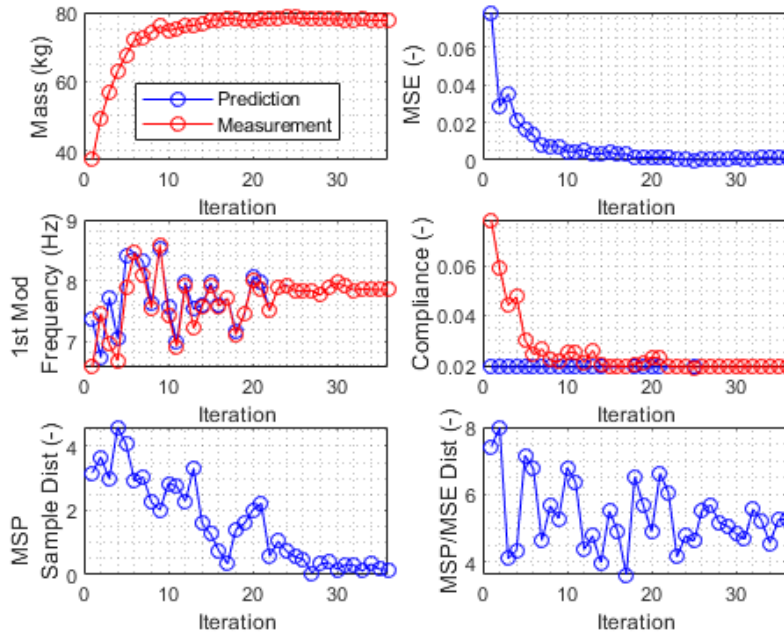


Figure 18. Monitoring Surrogate-Based Optimization Results of the Wing

In this study, the gradient-based optimization methods are studied, and compared with SBO. Even if the number of function evaluations are considerably high for SBO, the minimum weight is produced with it. The optimization results of the objective function and the design variables are shown in Tables 8 and 9, respectively.

Table 8- Comparison of Four Optimization Methods for the Optimization of the Wing Design

	Number of function evaluation	Number of iterations	Mass of the Wing (kg)
SQP	326	30	78.38
ARSM	63	63	78.49
GRSM	50	20	79.50
SBO	72	36	77.67

Table 9- Optimum Thicknesses Results of the Wing Design

	M_t mm	R_t mm	S_1 mm	S_2 mm	S_3 mm	S_4 mm	S_5 mm	S_6 mm	S_7 mm	S_8 mm
SQP	1.8	3.4	1.9	2.8	2.8	3.2	3.4	2.9	3.0	3.7
SBO	1.9	1.2	1.9	2.9	2.9	3.3	3.2	2.9	2.9	3.9

Analysis Results of the Optimum Design

The optimized thicknesses are given by SBO method for the final design. The final VonMises stress result is demonstrated in Figure 19.

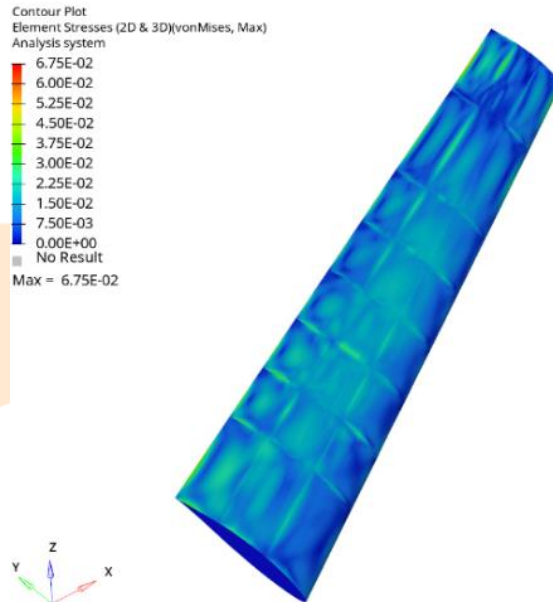


Figure 19. Final VonMises Stress Results of the Wing

The final absolute maximum principal stress result is demonstrated in Figure 20.

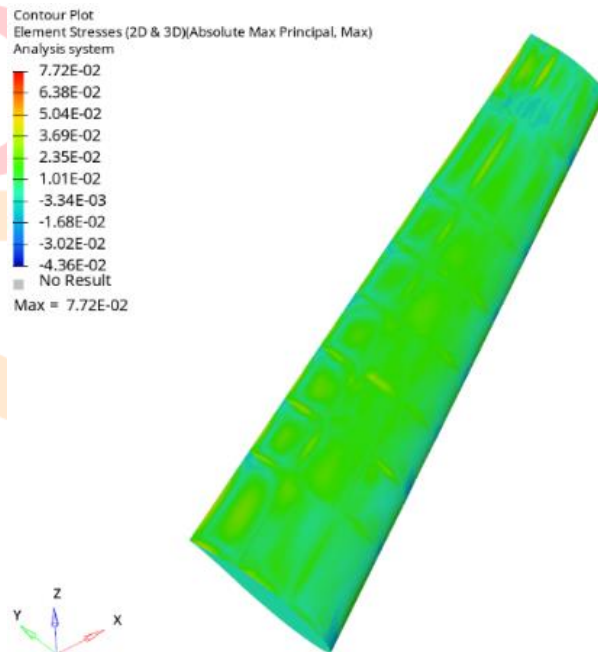


Figure 20. Final Absolute Maximum Principal Stress Results of the Wing

The final displacement result is shown in Figure 21.

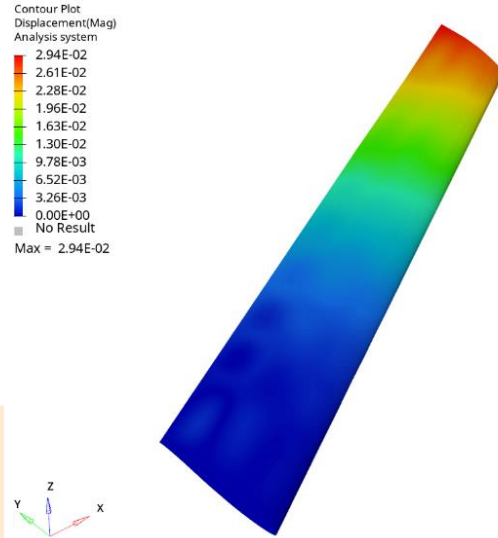


Figure 21. Final Displacement Results of the Wing

In this study, the final result of normal mod analysis is shown in Figure 22. As a result of the modal analysis, 9.7 mm displacement is occurred via the minimum frequency, and 12.3 mm displacement is occurred via the maximum frequency.

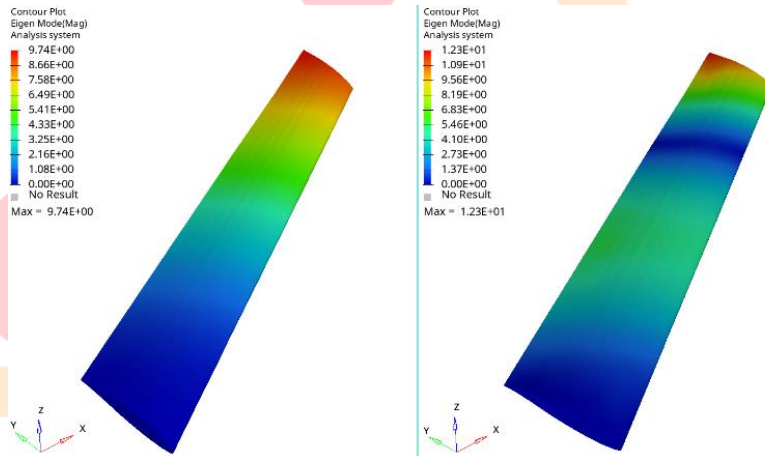


Figure 22. Final Normal Mod Analysis Result of the Wing: a) Mod1=7.90Hz b) Mod2=35.23 Hz

At the end of the research, the initial and final weights are indicated in Table 10.

Table 10- Comparison of Initial and Final Normal Mod Analysis

	Mass (kg)
Initial Wing Design	83.35
Final Wing Design	77.67 (-6.8% reduction)

In the weight minimization process, the constraints are given by considering to improve structural results. Final displacement is increased by nearly 1% as Table 11. Besides, the minimum frequency is increased by 15% as Table 12.

Table 11- Comparison of Initial and Final Statically Result

	Displacement (mm)
Initial Wing Design	2.92×10^{-2}
Final Wing Design	2.94×10^{-2} (only 1% increase)

Table 12- Comparison of Initial and Final Normal Mod Analysis

	Minimum Frequency (Hz)
Initial Wing Design	6.85
Final Wing Design	7.90 (increased by 15.3%)

Conclusion

In this paper, surrogate-based optimization (SBO) with infill sampling criteria is applied to a multidisciplinary feasible (MDF) structure. The effect of SBO on the optimum results was examined by comparing with other gradient-base optimization methods. It is demonstrated that the better optimum result is from the SBO methodology. The developed methodology does not stack at local optimum results. Another advantage of this method is the method that decreases calling analysis results with an automatic setup. However, there is a lot of sub-optimization by using it, which brings increased computation cost. Thus, the method is proper for high dimensional optimization problems to find a global optimum.

Acknowledgment

This research is supported by TOBB University of Economics and Technology, and Turkish Aerospace Industries.

References

- Airfoil Profiles*. (n.d.). Retrieved from Airfoil Tools: <http://www.airfoiltools.com>
- Chen-Zhou Xu, Z.-H. H.-S.-P. (2018). Surrogate-Based Optimization Method Applied to Multidisciplinary Design Optimization Architectures. *31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences* (s. 1-10). Belo Horizonte, Brazil: International Council of the Aeronautical Sciences.
- H. L. Li, P. P. (1985). A Production System for Use of Global Optimization Knowledge. A. L. J. E. Shigley içinde, *Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design* (s. 277-284). Ann Arbor, MI: ASME.
- Han, Z.-H. (2016). SURROOPT: A Generic Surrogate-Based Optimization Code for Aerodynamic and Multidisciplinary Design. *30th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences* (s. 1-10). Daejeon-South Korea: International Council of the Aeronautical Sciences.
- Mariam Triki, H. C. (2011). A Neural Network-based Simulation Metamodel for a Process Parameters Optimization: A case study. *2011 4th International Conference on Logistics* (s. 323-328). Hammamet, Tunisia: IEEE.
- NASA-Langley Research Center*. (2023, August). Turbulence Modeling Resource: <https://turbmodels.larc.nasa.gov/> adresinden alındı
- Xie, W., Nelson, B. L., & Barton, R. R. (2014). Statistical Uncertainty Analysis for Stochastic Simulation with Dependent Input Models. *Proceedings of the Winter Simulation Conference 2014* (s. 674-685). Savannah, GA, USA: IEEE.
- Xiong Qing Yu, M. A. (1998). An application of Concurrent Subspace Design (CSD) to the preliminary design of a low-Reynolds number UAV. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 1558-1568.
- Yang, M. Z. (2016). A Sequential Latin Hypercube Sampling. *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems* (pp. 176-185). Singapore: Springer.
- Yıldırım, B. Y. (2021, April). Aerodynamic Shape Optimization of a Wing Using 3D Flow Solutions with SU2 and Response Surface Methodology. *The Degree of Master of Science in Aerospace Engineering*. Ankara, TURKEY: The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Yu Zeng, J. Z. (2012). SVM-based Multi-textural Image Classification and Its Uncertainty Analysis. *2012 International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering* (s. 1316-1319). Xi'an, China: IEEE.
- Yuanteng Jiang, K. Z. (2023). Topology Optimization for Minimum Compliance with Material Volume and Buckling Constraints under Design-Dependent Loads. *Applied Sciences*, 1-26.
- Zhenguang Wang, W. H. (2014). Multidisciplinary Design Optimization Approach and Its Application to Aerospace Engineering. *Science Bulletin- SPRINGER LINK*.

Welding Current Effect on Failure Analysis of a Welded Dissimilar Metal Beam

Müberra Rüveyda KOÇAK¹

Mehmet YETMEZ²

Abstract

Gas metal arc welding is one of the major solution procedures for design problem in structures, and often it is preferred to maximize the structural strength to decrease the joint problems. For the structural stability, effect of gas metal arc welding process parameters is still important in design industries. In this study, failure analysis of a clamped-free beam with two dissimilar metals (brass and steel) having similar welding geometry is investigated. Two different welding currents (90 and 140 A) with constant voltage (24 V) and welding speed (40 mm/min) are considered. Then, the welded beam analysis is done with the general-purpose finite element codes Ansys Workbench. In order to verify the numerical model, an experimental modal analysis is conducted such a way that an impulse hammer with a force transducer is used to excite each of the composite beams through the selected point. It is seen that there is good agreement between the experimental and numerical results. Finally, for the sake of understanding effect of gas metal arc welding process parameters, failure analysis of the welded dissimilar metal beams under bending loading are completed by the verified numerical model. Results are given in both tabular and graphical forms.

Keywords: Bimaterial, Welding parameter, Beam, Failure, Finite element model

¹ Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0003-4835-9373

² Prof. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0001-9120-1673

Introduction

Welding is an indispensable manufacturing process. A range of welding procedures including Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), Gas Metal Arc Welding (GMAW) and Flux Cored Arc Welding (FCAW) are utilized in industrial settings. Welding technology has gained access to virtually every manufacturing sector. These include, but are not limited to, the production of ships, railroad equipment, buildings, pipelines, nuclear power plants, aircraft, and automobiles (Munteanu, 2016:1), (Singh et al., 2012:12). With the growing requirement for cost-efficient manufacturing of high-performance structural components in these industries, there has been a corresponding rise in the necessity for joining dissimilar metals (Darwish, 2004:347), (Serindağ and Çam, 2023:7039).

Dissimilar welding of metals and metal alloys may be accomplished through the use of several welding techniques (Abioye et al., 2017:225). Kah (Kah and Jukka Martikainen, 2013:269) and Avery (Avery, 1991) classified the most frequently used welding processes for dissimilar materials as fusion welds (shielded metal arc, gas metal arc, gas tungsten arc), low dilution welds (electron beam welding, laser beam and plasma arc), and non-fusion welds (friction welding, explosion welding). Avery considered that all fusion welds are dissimilar metal welds as they join metals with a wrought structure to form welds with a cast structure. Usually, dissimilar metal joints are fused, while the other two methods are primarily utilized for high productivity and special applications (Avery, 1991), (Vijayakumar et al., 2023:3).

Finite element modeling has been extensively employed in simulating weld-bonded joints. This is crucial as it provides the essential physical understanding of the behavior of welded joints. Finite element modelling cannot accurately approximate the mechanical properties without taking into account the plastic properties of the specimen (Al-Bahkali, 2009:388), (Cavalli et al., 2004:133).

In this study, failure analysis of a clamped-free beam with two dissimilar metals (brass and steel) having similar welding geometry is investigated. Two different welding currents (90 and 140 A) with constant voltage (24 V) and welding speed (40 mm/min) are considered. Then, the welded beam analysis is done with the general-purpose finite element codes Ansys Workbench. In order to verify the numerical model, an experimental modal analysis is conducted such a way that an impulse hammer with a force transducer is used to excite each of the composite beams through the selected point. It is seen that there is good agreement between the experimental and numerical results. Finally, for the sake of understanding effect of gas metal arc welding process parameters, failure analysis of the welded dissimilar metal beams under bending loading are completed by the verified numerical model. Results are given in both tabular and graphical forms.

Material and Methods

According to the failure analysis of a clamped-free beam with two dissimilar metals, brass ($\rho=8500 \text{ kg/m}^3$, $E=100 \text{ GPa}$ and $\nu=0.33$) and steel ($\rho=7850 \text{ kg/m}^3$, $E=200 \text{ GPa}$ and $\nu=0.3$) are considered.

In experimental part, clamped-free beam with two dissimilar metals is 165 mm in length. 50 mm in width and 20 mm in thickness (see Figure 1). Welding width and depth for both specimens (namely 90A and 140A) are 18 and 9 mm respectively. Vibration measurements are conducted such a way that an impulse hammer with a force transducer (Model No: 5800B2, Dytran Instruments, Inc., USA) is used to excite each of the composite beams through the selected point. Then, the responses are obtained by an accelerometer (Model No: 3093B,

Dytran Instruments, Inc., USA). The vibration measurements are completed using a microprocessor-based data acquisition system, namely SoMat™ eDAQ-lite and nCode GlyphWorks software (HBM, Inc., USA).

In computational part, the general-purpose finite element code Ansys Workbench is used. In Ansys workbench, hex dominant was used as the method and quadrilateral and triangular were used as element types. The number of nodes in the model is 173196 and the number of elements is 39117.

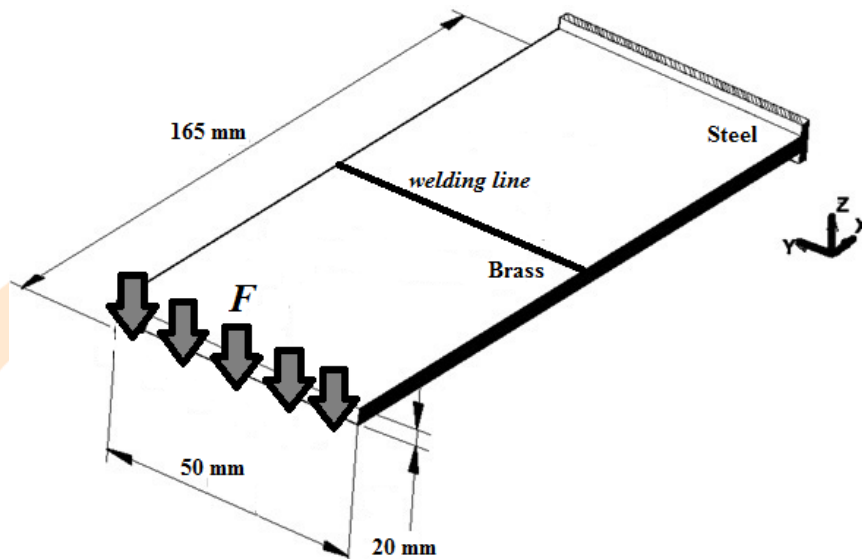


Figure 1. Geometrical representation of a clamped-free beam with two dissimilar metals.

Results

Dynamically, on one hand, in order to verify the finite element models of welded beam with 90 A, namely 90A and welded beam with 140 A namely 140A, experimental results of first three frequencies and their damping ratios (see Table 1 and 2) are compared with those of the numerical results. The comparison results are given in Table 3. Results conclude that (i) results of the numerical models are compatible with the experimental findings, (ii) the models are useful for dynamic analysis in frequency domain.

Table 1. Values of measured first three natural frequencies (ω) of a clamped-free beam with two dissimilar metals.

Name	ω_1 (Hz)	ω_2 (Hz)	ω_3 (Hz)
90A	210.97	503.2	1105
140A	212.14	505.62	1152.4

Table 2. Values of measured first three damping ratios (ζ) of a clamped-free beam with two dissimilar metals.

Name	ζ_1	ζ_2	ζ_3
90A	0.39	0.001	0.001
140A	0.61	0.001	0.001

Table 3. Comparison of experimental and numerical results for first three natural frequencies (Hz).

Name	Experimental			Numerical		
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
90 A	210.97	503.2	1105	211.26	501.85	1105.5
140 A	212.14	505.62	1152.4	213.59	507.42	1156.2

Statically, on the other hand, linear variations of major stresses σ_x and τ_{yz} for both welded beam with 90 A and welded beam with 140 A models are presented in Figures 2 and 3. One can conclude that (i) increasing welding current increases moderately values of σ_x , (ii) increasing welding current decreases moderately values of τ_{yz} .

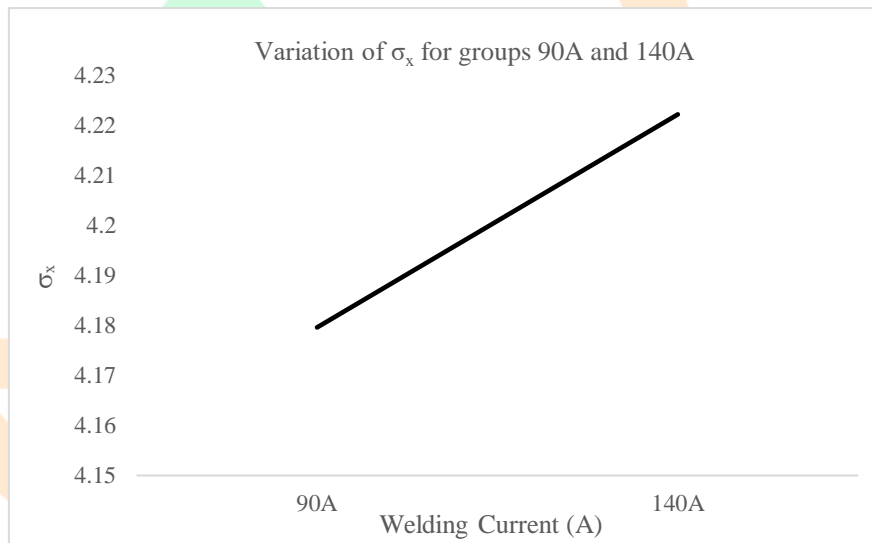


Figure 2. Variation of σ_x for groups 90A and 140A.

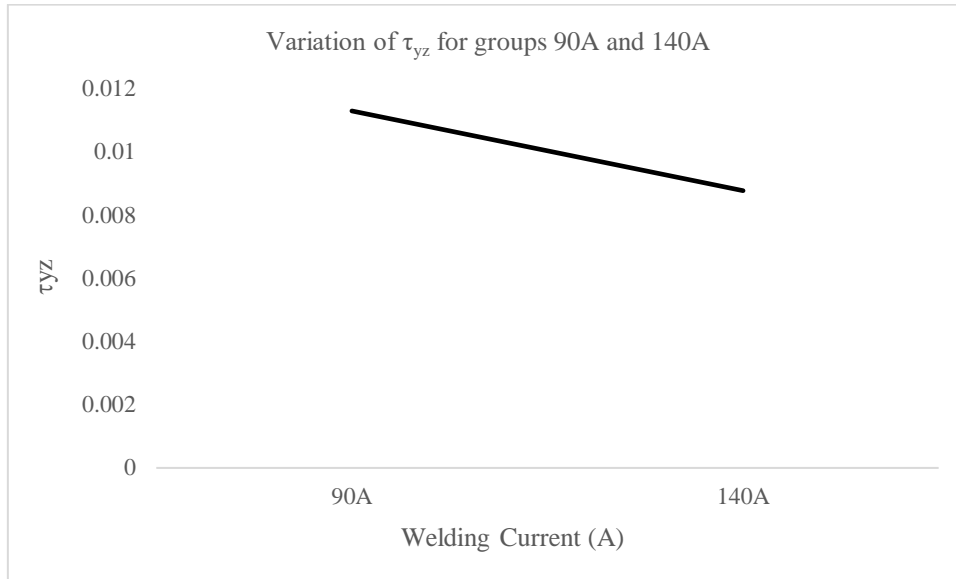


Figure 3. Variation of τ_{yz} for groups 90A and 140A.

Conclusion

In this study, failure analysis of a clamped-free beam with two dissimilar metals (brass and steel) having similar welding geometry is investigated. Two different welding currents (90 and 140 A) with constant voltage (24 V) and welding speed (40 mm/min) are considered. Then, the welded beam analysis is done with the general-purpose finite element codes Ansys Workbench. In order to verify the numerical model, an experimental modal analysis is conducted. It is concluded that there is good agreement between the experimental and numerical results. Finally, results of the linear variations of major stresses σ_x and τ_{yz} for both welded beam with 90 A and welded beam with 140 A models are concluded that (i) increasing welding current increases moderately values of σ_x , (ii) increasing welding current decreases moderately values of τ_{yz} .

Acknowledgements

This work was supported by the Scientific Research Projects Unit (BAP) of Zonguldak Bulent Ecevit University (project code no: 2023-98150330-01).

KAYNAKÇA

- [1] Abioye, T. E. and Olugbade, T. (2017). Welding of dissimilar metals using gas metal arc and laser welding techniques: A review twinning-induced plasticity (TWIP) steels view project production and characterization of biomass briquettes view project. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*, 8(6), 225-228.
- [2] Al-Bahkali, E. A. (2009). The effect of adhesive thickness on spot weld-bonded joints of dissimilar materials using finite element model. *Int. Jnl. of Multiphysics*, 3(4), 387-400. <https://doi.org/10.1260/1750-9548.3.4.387>.
- [3] Avery, R. E. (1991). Pay attention to dissimilar-metal welds guidelines for welding dissimilar metals. *NiDI Nickel Development Institute NiDI Reprint Series NO 14018*.
- [4] Cavalli, M., Thouless, M. and Yang, Q. (2004). Cohesive-zone modeling of the deformation and fracture of weld-bonded joints. *Welding Journal*, 133-139.
- [5] Darwish, S. M. (2004). Analysis of weld-bonded dissimilar materials. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 24(4), 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2003.11.007>.
- [6] Kah, P. and Jukka Martikainen, M. S. (2013). Trends in joining dissimilar metals by welding. *Applied Mechanics and Materials*, 440, 269-276. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.440.269>.
- [7] Munteanu, A. (2016). The electron beam welding of dissimilar materials - case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012058>.
- [8] Serindağ, H. T. and Çam, G. (2023). Characterizations of microstructure and properties of dissimilar AISI 316L/9Ni low-alloy cryogenic steel joints fabricated by gas tungsten arc welding. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 32(15), 7039-7049. <https://doi.org/10.1007/s11665-022-07601-x>.
- [9] Singh, R. P., Gupta, R. C. and Sarkar, S. C. (2012). The effect of process parameters on penetration in shielded metal arc welding under magnetic field using artificial neural networks. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 1(4), 12-17.
- [10] Vijayakumar, S., Arunkumar, A., Pradeep, A., Satishkumar, P., Singh, B., Rama Raju, K. S., Sharma, V. K. (2023). Optimization of process variables for shielded metal arc welding dissimilar mild steel and medium carbon steel joints. *Journal of Adhesion Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/01694243.2023.2227461>.

E-Ticaret Firmaları için Mobil Cihazlardan Veri Toplama ve Makine Öğrenmesi Destekli Analiz Gerçekleştiren Yazılım Sistemi Tasarımı

Ogün KARABULUT¹

Derviş ÖZDEMİR²

Songül GÖÇER³

Buket DOĞAN⁴

Özet

Giderek yaygınlaşan mobil uygulamalar bu ortam üzerinde üretilen veri miktarını da artırmıştır. Mobil ortam kullanıcılarının ürettikleri verinin toplanması ve analiz edilmesi daha iyi müşteri deneyimi yaşanması ve firmaların daha iyi hizmet, öneri ve satış kampanyaları yapılması açısından fırsatlar içermektedir. Bu çalışmada müşterilerin mobil cihazları üzerinde yapmış oldukları tüm hareketler (ziyaret ettikleri siteler, mobil cihazlarda kullandıkları uygulamalar gibi) depolanıp, analiz edilerek, müşterilere anlık geri bildirim ve yönlendirmeler yapacak bir platformun tasarımı gerçekleştirilmektedir. Tasarlanan bu sistem; müşterilerin mobil cihazlarda ürettikleri anlık ziyaret ettikleri internet siteleri hareketlerini toplayarak, analiz edilmesini ve anlık olarak birliktelik kuralı ve sıralı örüntü keşfi gibi makine öğrenmesi yöntemleriyle eylem üretebilecektir. Mobil cihaz kullanan müşterilerin veya potansiyel müşterilerin ziyaret ettikleri internet sitelerinin veri analizi yapılarak, müşterilerin operatörlerine göre daha çok hangi sitelerde işlem yaptıkları veya bu sitelerin arasındaki ilişkilerin çıkartılması hedeflenmektedir. Tasarlanan sistemde e-ticaret sitesinin anlık olarak uygulamayı kullanan kullanıcıların hareketleri ile oluşan log verisi Kafka ile yakalanacak ve ardından gerçek zamanlı veri işleme için Flink teknolojisi kullanılacaktır. Burada yakalanan ve işlenen veriler daha sonra analiz etmek ve işlenmek üzere Hadoop ortamına ve eğilim analizleri için sistem modüllerinin olduğu analitik modüllere yönlendirilecektir. Müşterilerin dijital platformlar üzerinde gezintilerinin hangi örüntüler üzerinde yoğunlaştığının ve bu örüntülerin nasıl birliktelik gösterdiğinin analiz edilmesi için Apriori, FP-Growth ve PrefixSpan yöntemlerinin kullanılması planlanmaktadır. Bu işlemleri gerçekleştirmek için tasarlanan modüllerden verilerin anlık yakalanması ve depolanması modülü verilerin toplanması ve

¹ Mühendis, DIP Bilgisayar Yazılım Ticaret Anonim Şirketi, Orcid: 0009-0003-4224-5823

² Mühendis, DIP Bilgisayar Yazılım Ticaret Anonim Şirketi, Orcid: 0009-0002-2953-9504

³ Öğrenci, Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0009-0002-0437-2576

⁴ Doç.Dr., Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-1062-2439



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

saklanması için kullanılacaktır. Kullanıcıların ziyaret ettikleri web siteleri ve kullandıkları uygulamaları sektörel olarak bir varlık olarak işlenip etiketlemek için varlık etiketleme modülü kullanılacaktır. Müşterilerin davranış eğilimlerinin analiz edilmesini ise müşteri eğilim analitiği modülü tarafından sağlanacak ve yönlendirme/ geri bildirim sunmak için anlık aksiyon modülü kullanılacaktır. Bu çalışmada sunulan modüller aracılığı ile oluşturulacak sistem; müşterilerin davranış eğilimlerinin analiz edilmesini ve ekonomik faydaya dönüşecek önerilerin oluşturulmasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Mobil Veri, E-Ticaret, Birlikte Kuralları, Kafka, Flink



GİRİŞ

Kullanımı giderek yaygınlaşan mobil cihazlardaki verilerin öngörülse ve tanımsal kullanımını sağlayacak sistemler giderek önem kazanmaktadır. E-Ticaret sektörü incelendiğinde; çoğunlukla firmaları müşterilerinin kendi platformu üzerinde yaptıkları hareket ve davranışlara odaklanmaktadır ve önerilere platform içi ürünler ile kısıtlı kalmaktadır. Oysa müşterilerin mobil cihazlarda gerçekleştirdiği tüm hareketlerin toplanması, analiz edilmesi ve anlamlı sonuçlar çıkarılması son derece önemli bir konudur. Çalışma kapsamında hedeflenen amaç ilgili platformun mobil uygulamasını kullanan müşterilerin platform haricinde yaptıkları müşteri hareketlerinin anlık olarak analiz edilerek benzer nitelikte iş birliği içerisinde olduğu ürünü / firmayı önermesini sağlayacak bir sistemin oluşturulmasıdır. Örnek olarak, A alışveriş platformu kullanan bir müşterinin anlık olarak sigorta ihtiyacı olduğunu tespit edip, müşteriye anlaşmalı olduğu sigorta şirketlerini önerecek bir sistem hedeflenmektedir. Öneri sistemi sadece sigorta ile limitli kalmayıp banka, perakende, yemek, haber sitesi, sosyal platformlar, seyahat, tatil gibi birçok sektör için öneride bulunacaktır.

Bu çalışma kapsamında, müşterilerin mobil cihazları üzerinde yapmış oldukları tüm hareketler (ziyaret ettikleri siteler, mobil cihazlarda kullandıkları uygulamalar) depolanıp analiz edilerek, müşterilere anlık geri bildirim ve yönlendirmelerde bulunacak bir yazılım sistemi tasarımı gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Müşterilerin davranış eğilimlerinin analiz edilmesi ve yolculuk hareketlerinin analiz edilmesi için "Müşteri Eğilim Analitiği Modülü" geliştirilecektir. Bu modül ile müşterilere ekonomik faydaya dönüşecek önerilerle gidilmesi hedeflenmektedir. Modül içerisinde müşterilerin gerek sıralı birliktelik analizlerinin yapılması, gerekse çapraz satış ihtimallerinin tespit edilmesi sağlanacaktır. Bu amaçla, Karmaşık Olay İşleme (KOİ) tekniği ile veriler arasında birliktelik kuralı analizi (association) ve tekrarlanan veri üzerinde örüntü analizi tekniklerinin kullanılması hedeflenmektedir. Bu gereksinimlere uygun farklı algoritmalar denenirken, Apriori (Agrawal ve Srikant, 1994), Eclat (Ruiz vd., 2023), FP-Growth (Borgelt, 2005) gibi yaygın kullanılan birliktelik analiz algoritmalarını da destekleyen bir kütüphane geliştirilecektir. Bu kütüphane "aktivite" birlikteliklerini ortaya çıkarmak amacıyla ilgili algoritmaların yüksek performanslı şekilde, dağıtık veri platformu üzerinde koşturabilecek formda olacaktır. Geliştirilen yöntemlerin performansları karşılaştırılacak ve çalışma kapsamında elde edilecek veri seti üzerinde en başarılı sonuçlar veren birliktelik çıkarım algoritmasının ya da algoritmalarının kural önerilmesi için kullanılması sağlanacaktır.

E-ticaret sistemleri içerisinde kişiselleştirilmiş öneri sistemlerinin kullanımına ait literatürde farklı örnekler yer almaktadır. Fuad ve diğerleri (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kişiselleştirilmiş uygulama önerileri için içerik tabanlı filtrelemeyi uygulama profilleriyle sorunsuz bir şekilde birleştiren bir model önerilmiştir. Uygulama seçmek ve temel özellikleri çıkarmak için Google Play uygulama mağazasında bulunan uygulamaları analiz edilerek bu özellikleri uygulama profilleri oluşturmak için kullanılmıştır. Küçük boyutlu uygulamaların daha fazla incelemeye sahip olduğunu, dolayısıyla daha fazla yükleme yapıldığı sonucu elde edilmiştir. Gnotthivongsa ve Huang (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise gerçek dünyadaki bir mobil uygulama pazarından açık geri bildirim almak için web tarama tekniğini kullanan bir mobil uygulama alanı önerilmektedir. Bu çalışmanın asıl amacı kullanıcı ilgisi ve sınıflandırma bilgilerine dayalı bir mobil uygulama öneri modeli oluşturmak ve yeni bir toplu matris çarpanlarına ayırma algoritması önermektir. Ayrıca, bu çalışmada Apple Store'dan alınan gerçek dünya verileri kullanılmış ve bir veri kümesi oluşturulmuştur. Sonuç olarak önerilen yöntem, geleneksel öneri sistemiyle karşılaştırıldığında mobil uygulamaları önermek için bağlamsal bilgilerin etkinliğini göstermektedir. Zhao ve Jin (2022) tarafından

gerçekleştirilen çalışmada tavsiye sistemleri alanında en son metodolojilerin karşılaştırılmasına dayalı olarak bir model tasarlanmış ve karşılaştırma analizi, tasarlanan modelin genel performansını yansıtmıştır. Uygulama kısmında ilk olarak, kullanıcının yeni öğeye ilişkin puanını tahmin etmek için öğe tabanlı öneri teknolojisini kullanan ve son olarak, benzer öğeler kapsamında komşu kullanıcıları hesaplamak ve nihai sonucu vermek için kullanıcı tabanlı işbirlikçi filtreleme önerisini kullanan İşbirlikçi filtreleme (Collaborative filtering) teknolojisi kullanılmıştır. Bu kombinasyon algoritması ayrıca müşterilerin kişisel bilgilerini kullanarak tavsiyeye yeni öğeler kazandırabilme özelliğine sahiptir. Agrawal ve Srikant (1994) tarafından ortaya konan Apriori algoritması birliktelik kuralı analizi alanında büyük veri kümelerinde etkili bir şekilde birliktelik kuralları çıkarma yeteneğini göstermiştir. Bu algoritma, büyük veri kümelerindeki desenleri hızlı bir şekilde analiz etme kapasitesi sayesinde veri madenciliği uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Zaki ve diğerleri (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Eclat algoritması üzerine odaklanarak, özellikle veri madenciliği ve ilişki kuralları çıkarma alanında yeni ve etkili yöntemlerin geliştirilmesine odaklanılmaktadır. Eclat, Apriori gibi veritabanındaki frekanslı öğe kümelerini keşfetmek için kullanılan bir algoritmadır. Han ve diğerleri (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, FP-tree yapısı ve FP-growth algoritması birliktelik kuralı analizi için önerilmektedir. FP-growth, büyük veritabanlarını sıkıştırarak, aday küme üretimini azaltarak ve böl-fethet yöntemiyle etkili bir şekilde sık görülen desenleri madenciliğini gerçekleştirir. Performans çalışmaları, FP-growth'un Apriori'den ve diğer yeni yöntemlerden önemli ölçüde daha hızlı olduğunu göstermektedir.

YÖNTEM

Mobil teknolojiler ile kullanıcılar farklı sektörlere ait birçok işlemi gerçekleştirilmektedir. Mobil teknolojilerin hızla yaygınlaşması ile kullanıcı davranışlarının analiz edilmesi için güvenilir bir kaynak haline gelmiştir. Mobil cihazlardan elde edilen veriler müşteri alışkanlıklarını tespit etmek, uygun anlarını belirlemek ve kişiye özel tekliflerde bulunmak mümkündür. Ek olarak müşterilerin alışveriş platformu üzerindeki davranışları; ne kadar sıklıkta alışveriş yapıldığı, ne alındığı, belirli zaman periyotlarında ne kadar harcadığı, limit problem yaşayıp yaşamadığı, aldığı ürünlerin segmentleri (ihtiyaç, lüks vs.) müşterilerin davranışları hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır. Bu çalışma ile tüm bu verilerin analiz edilerek anlık öneri ve aksiyonlarda bulunacağı bir platform elde edilecektir.

Tasarlanan sistemin hedef kitlesi E-ticaret şirketleridir. Bu şirketler, proje çıktısı ürünü kullanarak kendi sektörleri dışındaki (banka, sigorta, gıda alışveriş sitesi, yemek sipariş sitesi, oyun uygulaması, haber uygulaması gibi) sektörler için çapraz satış fırsatı oluşturacaklardır. Müşterilerinin kendi satış platformuna bağlılıklarını dolayısıyla müşteri yaşam süresi ve memnuniyetini arttıracaktır. Bu hedef kitlesinin seçim nedeni E-Ticaret sektörünün finansal büyüklüğü, her geçen yıl artış göstermesi ve müşterilerin mobil cihazlar ve satış platformları üzerinde bıraktıkları davranış verilerinin toplanabilmesi ve analiz edilmesine dair yöntem ve araçlar mevcuttur.

Çalışma kapsamında müşterilerin mobil cihazlarda ürettikleri anlık hareketleri takip edecek, bu verileri geçmiş hareketlerle yorumlayacak, anlamlandırarak bilgiye dönüştürecek ve bu bilgiler doğrultusunda anlık olarak makine öğrenmesi yöntemleriyle eylem üretebilecek bir sistem geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede mobil cihaz kullanan müşterilerin veya potansiyel müşterilerin ziyaret ettikleri internet sitelerin verileri analiz edilerek, müşterilerin

operatörlerine göre daha çok hangi sitelerde işlem yaptıkları veya bu sitelerin arasındaki ilişkilerin çıkartılması hedeflenmektedir.

Verilerin anlık olarak yakalanmasında, “Apache Kafka” teknolojisi kullanılacaktır. Bu teknolojinin seçilmesinde iki ana faktör vardır. İlki ilişkisel olamayan veri sistemleri üzerinde protokol ve sistemden bağımsız çalışma kabiliyetidir. İkinci ana neden ise bu teknolojinin milisaniyeler seviyesinde bir gecikme ile gerçek zamanlı olarak verileri yakalayabilmesidir. Ayrıca “Apache Kafka” teknolojisinin Konu Çoğaltma (Topic Replication) özelliği sayesinde sunuculardan birinde sorun olması (offline duruma geçmesi vb.) durumunda bile konunun (topic) kopyası ile (replica) ile sistemin devam etmesini ve veri kaybının önüne geçilmesini sağlar.

Sistemi besleyecek olan bilgi akımlarının gerçek zamanlı analiz edilmesi, dağıtık veri tabanına yazılması, yine gerçek zamanlı olarak önceden beyan edilen sorgularla filtrelenmesi ve işlemlerin optimum bir şekilde nasıl yapılabileceğinin tanımlanabilmesi önemli gereksinimlerdenidir. Hedef firmaların dijital platformları, müşterilerinin davranış hareketleri verilerinde böylesi önem taşıyan durumları tespit edememektedir. Burada; sistemi besleyecek olan bilgi akımlarının gerçek zamanlı analiz edilmesi, dağıtık veri tabanına yazılması, gerçek zamanlı olarak önceden beyan-edilen sorgularla filtrelenmesi işlemlerinin optimum bir şekilde nasıl yapılabileceği konusu üzerinde aktif olarak çalışılan bir araştırma alanıdır. (Matthias J. Sax vd., 2018)

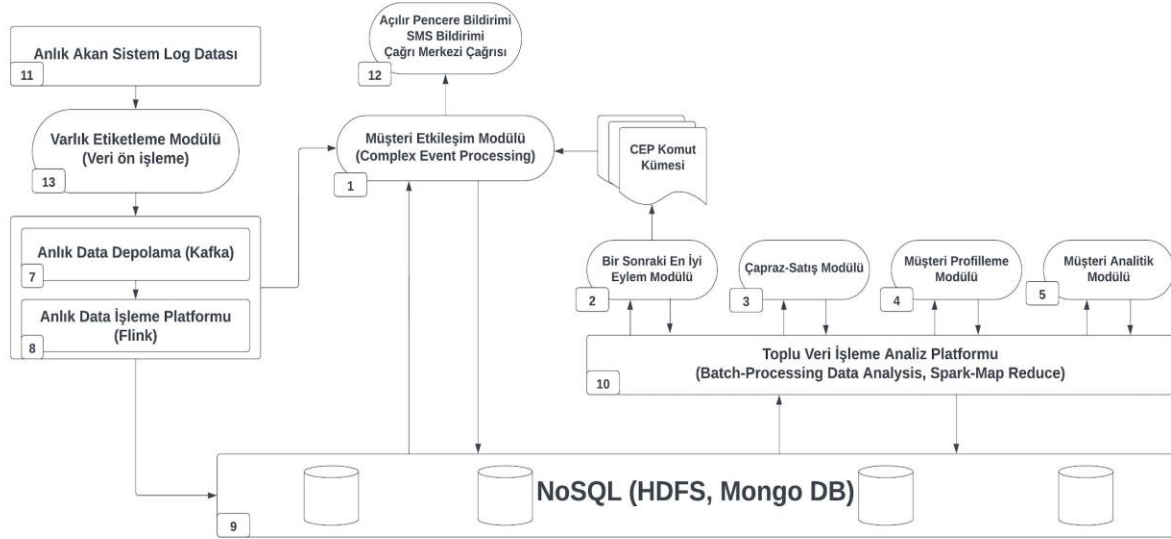
Anlık olarak yakalanan verilerin depolanması için iki ayrı depolama mimarisi kullanılacaktır. Kafka ile anlık olarak yakalanan veriler Redis üzerine yazılacaktır. Burada ilk olarak HDFS değil de Redis seçilme nedeni Redis'in disk üzerinde değil hafıza üzerine (in-memory) veriyi tutma kabiliyetidir. Bu sayede disklere erişim ihtiyacı ortadan kaldırılarak daha az işlem gerektiren basit algoritmalar ile verilere ulaşılması sağlanır. Verinin anlık olarak depolanması bu teknoloji ile sağlanacaktır. Bunların yanında Redis, köklü bir açık kaynak projesidir ve Twitter, GitHub, Tumblr, Pinterest, Instagram, Hulu, Flickr ve The New York Times gibi büyük şirketler tarafından üretim (production) ortamında kullanılmaktadır. Redis üzerinde tutulan veriler belirli frekanslar ile HDFS üzerine aktarılacaktır. Hadoop teknolojisi ise yapısal olmayan verileri esnek olarak tutması ve gerçek zamanlı analiz etme imkanı sağlamasından ötürü tercih edilmiştir. İşlenecek verinin hacimsel büyüklüğü ve e-ticaret verisinin logaritmik olarak artması da HDFS'in ölçeklendirilme kabiliyeti açısından seçilmesinde kritiktir. (Ismail vd., 2017)

Kullanıcı davranış eğilimlerinin analiz edilmesi ve yolculuk hareketlerinin analiz edilmesi için Karmaşık Olay İşleme (KOİ) tekniği kullanılacaktır. Mobil kullanıcılarının cihazlarda ürettiği karmaşık ve endirekt olayları ilişkilendirmek üzere bu teknik kullanılacaktır. Verilerin gerçek zamanlı analiz edilme ihtiyacı ve müşterilerin davranışlarındaki karmaşıklık firmaların mevcut e-ticaret platformlarının böylesi önem taşıyan verileri tespit edememektedir. Bu çalışmada ortaya konacak sistem sayesinde gerçek zamanlı verilerinin analizi mümkün hale getirilmiş olacaktır.

KOİ yöntemine ek olarak davranış analizleri için kümeleme (clustering) tekniği, veriler arasında birliktelik kuralı analizi (association rule mining) ve tekrarlanan veri üzerinde örüntü analizi tekniklerinin kullanılması hedeflenmektedir. Bu gereksinimlere uygun farklı algoritmalar denenirken, Apriori, Eclat, FP-Growth gibi yaygın kullanılan algoritmaları da destekleyen bir kütüphane geliştirilecektir. (Patel, 2022; Srinadh, 2022; Ruiz vd., 2023).

Hedeflenen uygulamamız içerisinde, Kullanıcıların mobil cihazlarında ziyaret ettikleri siteler, kullandıkları uygulamalar, mobil cihaz markaları ve GSM operatörleri birer varlık olarak tanımlanmıştır. Uygulama içerisinde varlıkların sınıflandırılması -uygulama veya sitenin

konusunun tespit edilmesi- çok geniş ve kapsamı bir araştırma konusudur. Burada uygulama ve sitelerin çokluğu ve dil çeşitliliği konuları, metin madenciliği ve sınıflandırma algoritmalarının kullanımını zorlaştırmaktadır. Hedeflenen çözüm mimarisinde Türkçe Doğal Dil işleme için VNGRS tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu VNL ve starlang tarafından açık kaynak kodlu sunulan KeNet, HisNet ve TropBank kullanılacaktır. Bunların seçilme nedenleri Türkçe dili için geliştirilmiş en iyi açık kaynak kodlar olmasıdır. İngilizce Doğal Dil İşleme için NLTK hedeflenmektedir. Doğal dil araç seti (NLTK), Python'da yazılmış ve arkasında büyük bir topluluğa sahip olan doğal dil işleme (NLP) için en popüler kütüphanedir. Varlık etiketleme için diğer bir araştırma konumuz da sitelerin birbirlerine benzerlikleri ile etiketlenmesidir. Belli sektörler için (banka, tatil, sigorta, haber siteleri) uygulama içerisine tanıtılacak olan siteler ile kullanıcının dolaştığı sitelerin benzerlik oranları tespit edilip etiketlenecektir.



Şekil 1. Genel Sistem Mimarisi

Şekil 1, kullanıcı arayüzlerini kullanan sistem yöneticisi bakış açısıyla numaralandırılmıştır. Sistem veri akış modeli e-ticaret sitesinin anlık olarak uygulamayı kullanan kullanıcıların hareketleri ile oluşan log datasını Kafka ile yakalamaktadır (7). Ardından gerçek zamanlı veri işleme için Flink ile Kafka Message Bus'ları iletişim kuracaktır(8). Burada yakalanan ve işlenen veriler daha sonra analiz etmek ve işlenmek üzere Hadoop ortamına (9) ve Eğilim Analizleri için sistem modüllerinin olduğu analitik modüllere; Bir Sonraki En İyi Eylem Modülü'ne (2), Çapraz Satış Modülü'ne (3), Müşteri Profilleme Modülü'ne (4) ve Müşteri Analitik Modülü'ne (5) gönderilecektir. (10) Sistemin tüm veri akışında uygulama modülleri yetkilendirme gibi kısımların log, yetkilendirme ve kullanıcı işlemleri için yönetim modülleri (6) kullanılmaktadır.

Anlık Veri Depolanması için MongoDB uygulaması kullanılacaktır. NoSQL veri tabanları arasında açık kaynaklı ve sürekli destek verilmesinden dolayı seçilmiştir. Kullanıcı Davranış Eğilimlerinin belirlenmesi için Birliktelik Kuralı Analizi, Sıralı Örüntü Keşfi yöntemleri kullanılması planlanmaktadır. Bu yöntemlerin çıktıları son kullanıcı arayüzünde ayrı ayrı raporlar olarak sunulacaktır. Bu raporlar ile hedeflediğimiz sistem üzerinden kampanya potansiyeli olan müşterilerle etkileşime geçebilmek ve çapraz satış ile hizmet verilen platformlara (e-ticaret şirketleri) kar potansiyeli sunmak hedeflenmektedir.

Anlık aksiyon modülü ve verilerin işlenmesi için Apache Flink uygulaması kullanılacaktır. Bu faaliyetler için Flink teknolojisi seçilme nedenlerinin başında veriyi hem anlık hem de yığın olarak olarak işleyebilme özelliğidir. Flink ayrıca FlinkML adlı kendi makine öğrenme kütüphanesine, kendi SQL Sorgusu'na (MRQL) ve grafik işleme kütüphanelerine sahiptir. Flink ayrıca sürekli akış modeli için oldukça esnek bir akış penceresi sunar. Bu hem toplu işin hem de gerçek zamanlı akışın bir sisteme entegre edilmesini sağlar (Deepthi vd., 2023).

Müşteri Etkileşim Modülü Müşteri memnuniyeti ya da pazarlama odaklı olarak, müşteriye anlık geri bildirimlerde ve yönlendirmelerde bulunulması için Karmaşık Olay İşleme (KOİ) tekniği kullanılarak geliştirilen modüldür. Geliştirilen örüntü ve kurallar son kullanıcıya sunulan birliktelik kuralları ve sıralı örüntü keşfi çıktılarına bağlı olarak geliştirici inisiyatifinde oluşturabilecektir. KOİ faaliyetleri içerisinde müşteri hareketlerinin kaydedilmesi ve işlenmesi sağlanacaktır. KOİ müşteri hareketlerine ait örüntülerin çıkarılması, aksiyonlara bağlanması/onaylanması, örüntülerin gerçek zamanlı kontrolü ve gerçek zamanlı aksiyon alınmasından sorumlu olacaktır.

Bir Sonraki En İyi Eylem Modülü Başarılı bir şekilde gerçekleşmiş müşteri tutundurma aksiyonları içinde sıralı aksiyon birlikteliklerinin bulunabilmesi için geliştirilmiş modüldür. Müşterilerin dijital platform üzerindeki gezintilerindeki gizli birliktelik kurallarını ortaya çıkarmaktadır. Hesaplanan bu birliktelikler ile müşterilerin yönelimleri etkin bir biçimde gösterilmektedir. Gerçekleştirilecek analiz sonuçları yardımı ile müşterilere sunulacak olan ürün veya hizmet daha çok ilgi çekmesi sağlanmaktadır.

Çapraz Satış Modülü Kullanıcılara ekonomik faydaya dönüşecek çapraz-satış, üst-satış kampanya önerileri yapılabilmesi için geliştirilmiş modüldür. Bu önerilerin yapılabilmesi için birliktelik kurallarına dayalı bir öneri sistemi geliştirilmiştir. Birliktelik kuralları çıkartma algoritmaları, bir işlem kaydında bir aktivitenin bulunma olasılığı, aynı işlem kaydındaki diğer aktivitelerin bulunma olasılıklarıyla tahmin edecek ve bir dizi kural önerisi yapabilecektir.

Müşteri Profilleme Modülü Müşteri davranışı profilleme modülü ile kullanıcıların gezinti yaptığı web siteleri üzerindeki davranışlarının segmente edilmesi sağlanmıştır. Yüksek performansta kümeleme analizi yapabilmek için paralelleştirilmiş algoritmaların nasıl geliştirilebileceği de belirlenecektir. Müşteri tıklama verilerinin (etkileşim veriler) dağıtık saklama ortamında (HDFS) tutulmasını ve dağıtık veri işleme kütüphaneleri (Apache Spark MLlib) kullanılarak işlenmesini sağlanmıştır. Eşle-İndirge programlama modeline dayalı geliştirilen kütüphaneler seçilmiştir.

Müşteri Analitik Modülü Müşterilerin ürün ve hizmetlerle etkileşiminden oluşan deneyim yolculuğunu görselleştirmek için tünel analizi, Sankey diyagramları ve müşteri yolculuğu haritaları Yönetici Panelinde çizilmesi planlanmıştır. Bunun için mevcut açık kaynak kodlu kütüphanelerin kullanılması planlanmaktadır. PySpark kütüphaneleri kullanılarak kullanıcıların gezinti yaptıkları siteler üzerinde yaptıkları kullanım durumlarının analizini yapılabilmesi planlanmaktadır.

Müşteri Analitik Modülü (5), Çapraz Satış Modülü (3), Bir Sonraki En İyi Eylem Modülü (2) ve Müşteri Profilleme Modülü (4) kapsamında kullanılan Makine öğrenmesi ve Spark Algoritmalarının belli aralıklarla çalışarak çıktı verilerinin daha doğru ve tutarlı olmasını sağlayan teknoloji ve geliştirmelerdir.

Sürekli akan müşteri verisi sistemde biriktirildiğinden, makine öğrenmesi ve Spark algoritmalarının güncel veri ile belirlenen sıklıklarda eğitilmesi aynı zamanda algoritma çıktılarının yeni veri ile üretilmesi müşteri eğilimlerinin daha doğru yorumlanması ve daha tutarlı kampanya tanımlamaları için önemlidir.

Bildirimler (Notification) Modülü ise Müşteri Etkileşim Modülü ile müşteriye anlık aksiyonların dijital ortamda pop-up ekranı, SMS ile anlık etkileşime geçilmesini veya Müşteri Hizmetlerine anlık bilgileri gönderilerek müşteri ile iletişime geçilmesi sağlanabilecektir. Entegre olunacak e-ticaret platformuna müşterinin dahil olduğu birliktelik kuralları, tanımlanan kampanya bilgileri ve tanımlanan kampanyalara verdiği olumlu/olumsuz tepkiler Kafka platformu ile iletilecektir. SMS, pop-up ve müşteri hizmetleri entegre olunacak e-ticaret platformuna ait olacaktır.

Kullanılması Planlanan Teknoloji/Teknik özelliklerin özeti Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılması Planlanan Teknolojiler

Teknik / Teknolojinin Adı / Tanımı	Projede Niçin İhtiyaç Duyulduğu
Verilerin Anlık Yakalanması ve Depolanması Modülü	Proje kapsamında, müşterilerin mobil cihazları üzerinde yapmış oldukları tüm hareketlerin depolanıp sonrasında analiz edilerek, müşterilere anlık geri bildirim ve yönlendirmeler de bulunulması için gerekli verinin depolanması
Müşteri Eğilim Analitiği Modülü	Müşterilerin davranış eğilimlerinin analiz edilmesi ve yolculuk hareketlerinin analiz edilmesi
Varlık Etiketleme Modülü	Kullanıcıların ziyaret ettikleri web siteleri ve kullandıkları uygulamalar sektörel olarak uygulamamız içerisine bir varlık olarak işlenip etiketlenecektir.
Anlık Aksiyon Modülü	Anlık olarak müşteriye bir yönlendirme/geri bildirim sunulacaktır.
Kullanıcı Arayüzleri	Geliştirilecek ürünün son kullanıcılar ile etkileşimlerinin yapılabilmesi için geliştirilecektir.
HDFS	Müşteri etkileşim verilerinin saklanması için kullanılacaktır.
Redis	Müşteri etkileşim verilerinin bellekte anlık saklanması için kullanılacaktır.
Apache Spark	Büyük veri işleme ve analizi için kullanılacaktır.
MongoDB	Hızlı indeksleme ve sorgulama gerektiren rapor JSON objeleri, kural JSON objelerinin saklanması için kullanılacaktır.
Apache Flink	Gerçek zamanlı senaryoların sisteme entegrasyonu için kullanılacaktır.
Apache Kafka	Anlık verinin transferi için kullanılacaktır.
Airflow	Analitik çıktıları üretecek kütüphanelerin Batch veya Near Real Time olarak çalışmasını sağlamak için kullanılacaktır.
Phyton NLTK	İngilizce içerikli sitelerin etiketlenmesinde doğal dil işleme algoritmaları için kullanılacaktır.
KeNet, HisNet ve TropBank	Türkçe içerikli sitelerin etiketlenmesinde doğal dil işleme algoritmaları için kullanılacaktır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada tasarlanan çözümün kapsamı aşağıdaki detayları içermektedir: Müşterilerin cihazları üzerinde oluşturacağı hareketlerin log kayıtlarının dinlenmesi, Log dosyasındaki anlık kayıtlar için web sitelerinin etiketlenmesi,



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

Etiketlenen log kayıtlarının yönetici paneli üzerinde tanımlanan sıralı birliktelik paternleri ile karşılaştırarak veri analizlerinin yapılmak üzere verinin depolanmasının sağlanması, Log dosyasından gelen anlık verilerin Birliktelik Kuralı ve Sıralı Örüntü Keşif Algoritmaları ile istenilen çalışma sıklığında ve yönetici panelinden yönetilen özel destek ve güven değerleri ile çalıştırılması mümkün olacaktır.

Bu tasarım çalışmalarına göre yapılacak gerçekleştirim çalışmaları ile yazılım içerisindeki eğilim ve birliktelik analiz çalışmaları sonucunda firmalar; müşterilerin hangi sitelere eğilim gösterdiklerini gerek sektör bazlı gerekse operatör bazlı görme imkânı bulacaklardır.

Yönetici panelinde bu çıktılar analiz edilerek banka, sigorta, perakende, yemek, haber sitesi vb. sektörler için analitik modellerinin kurulması mümkün olacaktır.

Bu çalışmada tasarımı gerçekleştirilen sistem ile Mobil cihaz kullanıcılarının veya potansiyel müşterilerin ziyaret ettikleri internet sitelerinin veri analizi yapılarak, müşterilerin operatörlerine göre daha çok hangi sitelerde işlem yaptıkları veya bu sitelerin arasındaki ilişkilerin çıkartılması hedeflenmektedir.

Bu detaylar ışığında, farklı sektördeki firmaların ihtiyaç duyduğu rakip analizinin yapılması, kullanıcılarının operatör bazlı eğilimlerinin belirlenmesi, proje kapsamında çok sayıda kullanıcıya hizmet veren e-ticaret firmaları için modeller kurulması planlanmaktadır. Bu modellerle firmalar analiz sonuçlarına göre kullanıcıların en çok ziyaret ettikleri sitelerde tanıtım çalışmalarını artırmaya yöneltecek ve müşteri sayısında artış sağlayacaktır.

ICOMNAS

KAYNAKLAR

- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994, September). Fast algorithms for mining association rules. In *Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB* (Vol. 1215, pp. 487-499).
- Borgelt, C. (2005, August). An Implementation of the FP-growth Algorithm. In *Proceedings of the 1st international workshop on open source data mining: frequent pattern mining implementations* (pp. 1-5).
- Dogan, O. (2023). A recommendation system in e-commerce with profit-support fuzzy association rule mining (p-farm). *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 18(2), 831-847.
- Deepthi, B. G., Rani, K. S., Krishna, P. V., & Saritha, V. (2023). An efficient architecture for processing real-time traffic data streams using apache flink. *Multimedia Tools and Applications*, 1-17.
- Fuad, A., Bayoumi, S., & Al-Yahya, H. (2020). A Recommender System for Mobile Applications of Google Play Store. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(9).
- Gnotthivongsa, N., & Huang, D. J. (2021, August). Rating Prediction for Mobile Applications via Collective Matrix Factorization Considering App Categories. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1993, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Gulzar, Y., Alwan, A. A., Abdullah, R. M., Abualkishik, A. Z., & Oumrani, M. (2023). OCA: Ordered Clustering-Based Algorithm for E-Commerce Recommendation System. *Sustainability*, 15(4),2947.
- Han, J., Pei, J., & Yin, Y. (2000). Mining frequent patterns without candidate generation. *ACM sigmod record*, 29(2), 1-12.
- Ismail, M., Niazi, S., Ronström, M., Haridi, S., & Dowling, J. (2017, May). Scaling HDFS to more than 1 million operations per second with HopsFS. In *2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID)* (pp. 683-688). IEEE
- Patel, H. K. (2022). Association Rule Mining Using Retail Market Basket Dataset by Apriori and FP Growth Algorithms. *Journal of Algebraic Statistics*, 13(3), 798-803.
- Ruiz, F. D. L. C., & Reich, J. C. (2023, January). Apriori, Eclat, and FP-Growth Algorithms to Study Bacterial Vaginosis. In *International Conference on Communication and Computational Technologies* (pp. 1003-1015). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Sax, M. J., Wang, G., Weidlich, M., & Freytag, J. C. (2018, August). Streams and tables: Two sides of the same coin. In *Proceedings of the International Workshop on Real-Time Business Intelligence and Analytics* (pp. 1-10).
- Srinadh, V. (2022). Evaluation of Apriori, FP growth and Eclat Association rule mining algorithms. *International journal of health sciences*, (II), 7475-7485.
- Zaki, M. J., Parthasarathy, S., Ogihara, M., & Li, W. (1997, August). New algorithms for fast discovery of association rules. In *KDD* (Vol. 97, pp. 283-286).
- Zhao, L., & Jin, W. (2022, March). Application of Web Data Mining and Information Combination Technology in E-commerce. In *2022 International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)* (pp. 1636-1639). IEEE.

Selülaz Enzimi ve Yağ Teknolojisinde Kullanımı

Osman EREN¹

Tahir YÜCEL²

Özet

Günümüz dünyasında enzimler, ilaç endüstrisinden gıda sanayisine kadar birçok alanda aktif şekilde kullanılmaktadır. Dünya enzim pazarı 2022 yılı itibariyle yaklaşık olarak 12,27 milyar dolar civarı bir ticari hacme sahiptir. 2030 yılına kadar yaklaşık olarak % 5-7 arası büyüyeceği tahmin edilen pazarda gıda ve içecek endüstrisi en yüksek hacme sahip alanlardan biridir. 2026 yılına kadar gıda ve içecek sanayisinin endüstriyel enzim hacminin 3 milyar dolardan fazla olacağı belirtilmektedir (Bağlantı 1; Bağlantı 2). Enzimleri kısaca biyokatalizör olarak tanımlayabiliriz. Enzim kaynakları bitki, hayvan ve mikroorganizmalar gibi farklı canlılar olabilmektedir. Gıda sanayisinde enzimler meyve suyu, şarap, şarküteri ürünleri, fırıncılık ürünleri gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır (Fadıloğlu ve Erkmen 2004).

Anahtar Kelimeler: Selülaz, Yağ teknolojisi, Uçucu Yağlar, Zeytinyağı

¹ Uzman Gıda Mühendisi, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, osmaneren2@gmail.com, 04100 Ağrı, Türkiye 0000-0002-2016-7671

² Dr, Tahir YÜCEL, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye ORCID No: 0000-0003-0688-9499

Giriş

Selüloz, hidrolaz enzim grubuna ait olup yeryüzünün en büyük biyopolimeri olan selülozu parçalayan enzim grubudur. Selülazlar, mikroorganizmalar, bitkiler ve memeliler hariç olmak üzere hayvanlar tarafından üretilir ve bağımsız olarak üç boyutlu şekil kazanan, yapı ve fonksiyon olarak ayrı enzim yapılarının bir araya gelmesiyle oluşan bir enzim kompleksidir. Selülaz, selülozlardaki β -1,4 bağlarını hidrolize eder ve son ürün olarak glukoz, sellobiyoz ve sello-oligosakkaritleri meydana getirir (Aygan et al., 2008; Caf 2012; Hürtaş Tatlı 2013). Selülaz grubunu oluşturan enzimler substrat spesifikliğine göre veya yapısal özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Bu iki sınıflandırmanın haricinde katalitik mekanizmaya göre de sürekli veya kesikli olarak da sınıflandırılabilir; fakat bu sınıflandırma metodu çok yaygın kullanılmaz. Sınıflandırma günümüzde yaygın olarak substrat spesifikliğı üzerinden yapılmaktadır (Davies and Henrissat, 1995; Aygan et al., 2008; Hürtaş Tatlı 2013).

Substrat spesifikliğine göre enzimler: (Saddler et al., 1986)

a) Endoglukanazlar (EC 3.2.1.4),

b) Ekzoglukanazlar (Betaglukozydaz (EC 3.2.1.74) ve Sellobiyohidrolazlar (EC 3.2.1.91)),

c) Sellobiyazlar (EC 3.2.1.21).

Endoglukanazlar, polisakkarit yapısının iç bölgelerini gelişigüzel hidrolize ederek çözünür oligosakkaridik yapılar ile polisakkaritleri meydana getirir (Kumar et al., 2009). Glukanohidrolazlar (E.C. 3.2.1.74) ve sellobiyohidrolazlar (E.C. 3.2.1.91) ise selüloz zincirinin indirgen ve indirgen olmayan uçlarından sırasıyla hidroliz işlemi yaparlar. Sellobiyohidrolazlar sellobiyozu oluştururken Glukanohidrolazlar ise selüloz zincirinin uçlarından glukoz birimlerini serbest bırakmaktadır. Sellobiyazın (Glikozidazlar) nihai ürünü ise glukozdur (Sukumaran vd., 2005; Labes et al., -2008). Glukoz aynı zamanda sellobiyazın inhibitörüdür. Selülaz enzimlerinin genel bir özelliğı, hem katalitik bölgeyi hem de substrat bağlayan bölgeyi modüler şekilde içermesidir. Selülaz enzimleri sinerjik etkiye sahiptir ve bu sinerjik aktivitenin birden fazla yolla meydana geldiğı belirtilmiştir (Sukumaran 2005; Doi et al., 2003).

Yağ Teknolojisinde Selülaz Kullanımı

Gıda sanayisinde selülaz, sektörün birçok alt alanında kullanılır. Alkollü içecek endüstrisinde glukanazlar glukan'ın hidrolizi, viskozite problemlerinin çözümü, filtrasyon kalitesinin artırılması gibi durumlar için kullanılır (Bayer et al., 2007).

Motuk (2020) selülaz ve papain enzimlerinin soğuk pres yöntemiyle elde edilen zeytinyağı'na etkisini incelemiştir. Bu çalışmada selülaz enzimi ile muamele edilen Ayvalık çeşidi zeytinden elde edilen zeytinyağının en yüksek tokoferol içeriğıne sahip olduğı belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada oleik, linoleik ve araşidonik asitlerin kompozisyonunda önemli farklılıklar bulunmuştur. Çalışma neticesinde genel olarak zeytinyağının eldesi için kullanılması önerilen en ideal enzimin selülaz olduğı belirlenmiştir. Yapılan bir diğerk çalışmada pektinaz-selülaz ve ksilanaz üçlü kombinasyonunun yağ verimini hem siyah hem de yeşil zeytin de arttırdığı belirlenmiştir. Yeşil zeytinden elde edilen zeytinyağının fenolik madde miktarında selülaz-ksilanaz kombinasyonu az da olsa artış sağlarken siyah zeytinde bu artış daha yüksek miktarda olmuştur. Fenolik maddeler hem tat olarak arzu edilirken hem de sağlık yönünden önemli bileşenlerdir. Ayrıca selülaz-ksilanaz karışımının uygulandığı hamurdan elde edilen zeytinyağındaki klorofil pigmenti miktarı ve A vitaminin öncülü olan beta karoten miktarında kontrol grubuna göre artış olduğı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki selülaz-ksilanaz enzim kombinasyonunun zeytinyağının elde edilmesinde istenen sonuçları verdiğı görülmektedir (Hadj-Taieb et al., 2012). Beta glukanaz'ın kullanıldığı bir araştırmada enzim

kombinasyonunun zeytinyağında yüksek olması istenmeyen asitliği ve peroksit sayısını azalttığı ve yine yüksek olması arzu edilen klorofil miktarında ve zeytinyağı veriminde artış sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışma neticesinde ayrıca toplam fenolik bileşen miktarının ve zeytinyağının oksidasyona karşı korunmasını gösteren oksidatif stabilitenin de arttığı belirlenmiştir. Bu araştırmada enzim ilavesinin yağ asidi kompozisyonunu da değiştirmedeği belirlenmiştir (Icomonou et al., (2010); Büyükgök ve Ötleş (2011)). Yukarıdaki çalışmanın sonuçlarıyla paralel olan bir çalışma da Ranalli and Serraiocco (1996) tarafından yapılmıştır. Olivex isimli enzim preparatı kullanan araştırmacılar, çalışmalarının sonucunda enzim uygulanan hamurdaki zeytinyağı veriminin, kontrol grubuna göre arttığını bulmuşlardır. Olivex, selülatik aktiviteyi de içeren bir enzim kombinasyonudur. Bu çalışma neticesinde zeytinyağında teknolojik ve duyu kalite göstergeleri olan asidite, peroksit sayısı, karbonil indeksi, toplam polifenol miktarı ve oksidasyon stabilitesi gibi parametreler de incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda düşük olması istenen; asitliğin, peroksit sayısının ve karbonil düzeyinin azaldığı, yüksek olması istenen polifenol içeriği, oksidasyon stabilitesi gibi değerlerin de enzim uygulaması sonucu arttığı belirlenmiştir.

1998-99 ve 1999-2000 sezonlarının zeytinlerinden elde edilen zeytinyağının içeriklerinin incelendiği bir projede enzim ilavesinin genel olarak zeytinyağında arzu edilen değerleri pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Örneğin hem Arbequina çeşidinden hem de picual çeşidinden elde edilen zeytinyağının orthodifenol ve non-ortodifenol bileşiklerinin, her iki sezonda da enzim ilavesiyle arttığı belirlenmiştir. İlave edilen bu enzim karışımları olivex ve glukaneks isimli ve her ikisi de selülotik aktiviteye sahip olan enzim preparatlarıdır. Aynı çalışmanın sonuçlarına göre enzim preparatlarının zeytinyağında istenmeyen bir parametre olan peroksit sayısını düşürdüğü ve yüksek olması arzu edilen ransimat stabilitesini arttırdığı belirlenmiştir (Garcia et al., 2001). Huang et al., (2022) yaptığı bir çalışmada selülaz ve pektinaz ilavesinin yağ verimini arttırdığını ve zeytin hamurunun viskozitesini azalttığını belirtmiştir. Dobozi et al., (1988) yaptıkları çalışmada selülotik enzim preparatları ilavesinin hardal yağı verimini arttırdığını belirlemişlerdir.

Cinnamomum camphora chvar. bitkisinden uçucu yağların elde edilmesi zorlu bir işlemdir. Uçucu yağlar birçok alanda kullanılma potansiyeline sahiptir. Yu et al., (2019) yaptıkları çalışmada selülaz destekli damıtma metodunun uçucu yağ eldesini ciddi oranda arttırdıklarını bulmuştur. Nötral selülaz destekli metodun, geleneksel distilasyon metoduna göre yağ verimini %58 oranında arttırdığı rapor edilmiştir.

Mısır bitkisinden yağ elde edilmesi için yapılan bir çalışmada selülaz enzimlerinin kullanılmasıyla yağ veriminin % 90'lara kadar çıktığı rapor edilmiştir. Enzim kullanılmadan yapılan yağ çıkarma işleminde ise yağ verimi yaklaşık olarak maksimum % 37'lere kadar çıktığı belirlenmiştir (Moreau et al., 2004).

Hindistan cevizi yağının daha verimli şekilde elde edilmesi için yapılan bir çalışmada tek başına selülaz ve selülazı da içeren birkaç farklı enzimin birleştirildiği bir çalışmada enzimsiz içeriğe göre daha yüksek verim elde edilmiştir. Enzim olmadan yağ verimi %19,26 iken sadece selülaz kullanıldığında bu oran % 28,12 olduğu belirlenmiştir (Man et al., 1996).

Günümüzde bitkisel yağlara alternatif olarak mikrobiyal yağ veya diğer ismiyle tekli hücre yağı da gittikçe önemli hale gelmektedir. Mikrobiyal yağ, gıda sanayi başta olmak üzere çok farklı alanlarda kullanılma potansiyeline sahiptir. Selülaz sadece bitkisel yağların elde edilmesinde değil; mikrobiyal yağların üretimi için fermentasyon ortamındaki şeker miktarını ve dolayısıyla bakteri üremesini artırarak da katkı sağlar (Darcan ve Sarıgül, 2015). Zhao et al., (2017) yaptıkları araştırmada mikrobiyal yağ üretimi için fermentasyon ortamına selülaz ilavesinin daha yüksek verim sağladığını belirtmişlerdir.



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

Sonuç ve Öneriler

Selülozlar tohum ve hücre çeperinin hidrolize edilmesine katkıda bulunarak tek başına veya farklı enzimlerle beraber kullanılması zeytinyağı başta olmak üzere, yağ eldesinde verimi arttırdığı, yağın sağlığa faydalı ve kalite göstergeleri de olan çeşitli fenolik bileşiklerin, antioksidanların, aromatik bileşenlerinin ve diğer bileşenlerinin miktarlarında artış meydana getirdiği yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Bu nedenle özet olarak yağ eldesinde selüloz kullanımının sağlık yönünden daha iyi olduğunu ve bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu ifade edebiliriz.



Kaynaklar

- Aygan, A., Karcıoğlu, L., and Arıkan, B. (2011). Alkaline Thermostable and Halophilic endoglucanase from *Bacillus licheniformis* 108. *African journal of biotechnology*, 10(5):789-796.
- Bayer, E.A., Lamed R., Himmel M.E. (2007). The Potential of Cellulases and Cellulosomes for Cellulosic Waste Management. *Current Opinion Biotechnology*, 18,237-245
- Büyükgök, E.B., Ötleş, S. (2011). Metaller ve Zeytinyağının Etkileşimi. *Zeytin Bilimi*, 2, 75-82,
- Caf, Y. (2012). Termofil *Bacillus* sp.'den Alkalın, Termofilik, Oksidant Dirençli Selüloz Üretimi ve Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Darcan, S., ve Sarıgül, N. (2015). Mikroorganizmalardan tek hücre yağları üretimi. *Türk Mikrobiyal Cem Derg*, 45, 55-67.
- Davies, G., Henrissat, B. (1995). Structures and mechanisms of glycosylhydrolases. *Structure*, 3(9): 853-859.
- Doi, R.H., Kosugi, A., Murashima, K., Tamaru, Y., and Han, S.O., (2003). Cellulosomes From Mesophilic Bacteria. *Journal Of Bacteriology*, 185: 5907-5914.
- Garcia, A., Brenes, M., Moyano, M. a. J., Alba, J., García, P. ve Garrido, A., (2001). Improvement of phenolic compound content in virgin olive oils by using enzymes during malaxation, *Journal of Food Engineering*, 48 (3), 189-194.
- Hadj-Taieb, N. (2012). Optimisation of olive oil extraction and minor compounds content of Tunisian olive oil using enzymatic formulations during malaxation. *Biochemical Engineering Journal*, 62, 79-85
- Huang X. P., and Monk C., (2004). Purification and characterization of A Cellulase (Cmcase) from A Newly isolated thermophilic aerobic bacterium *Caldibacillus cellulovorans* sp. nov. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20:85-92.
- Huang, M., Huang, S., Wang, Q., Hayat, K., Ahmad, M., Ying, R., and Hussain, S. (2022). Mixed pretreatment based on pectinase and cellulase accelerates the oil droplet coalescence and oil yield from olive paste. *Food Chemistry*, 369, 130915.
- Hürtaş Tatlı, İ.S. (2013). Termohalofil *Bacillus* Sp.'Den (Asidik, Alkali ve Nötral) Selüloz Enzimi Üretimi ve Karakterizasyonu, (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana
- Iconomou, D., Arapoglou, D., and Israilides, C. (2010). Improvement of phenolic antioxidants and quality characteristics of virgin olive oil with the addition of enzymes and nitrogen during olive paste processing. *Grasas y Aceites*, 61(3), 303-311.
- Kumar, R., and Wyman, C. E. (2009). Access of cellulase to cellulose and lignin for poplar solids produced by leading pretreatment technologies. *Biotechnology progress*, 25(3), 807-819.
- Labes, A., Karlsson, E.N., Fridjonsson, O.H., Turner, P., Hreggvidson, G.O., Kristjansson, J.K., Holst, O., Schönheit, P., (2008). Novel Members of Glycoside Hydrolase Family 13 Derived from Environmental DNA. *Applied Environmental Microbiology*, 74(6):1914–21.
- Man, Y. C., Asbi, A., Azudin, M. ve Wei, L., (1996), Aqueous enzymatic extraction of coconut oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73 (6), 683-686.
- Moreau, R. A., Johnston, D. B., Powell, M. J., & Hicks, K. B. (2004). A comparison of commercial enzymes for the aqueous enzymatic extraction of corn oil from corn germ. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(11), 1071-1075.

Motuk, F. (2020). Farklı Zeytin Çeşitlerinden Soğuk Preslenmiş Zeytinyağlarının Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Selüloz ve Papain Enzimlerinin Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.

Ranalli, A., and Serraiocco, A. (1996). Quantitative and qualitative effects of a pectolytic enzyme in olive oil production. *Grasas y Aceites*, 47(4), 227-236.

Saddler, J.N., (1986). Factors Limiting the Efficiency of Cellulase Enzymes. *Microbiology Science*, 3:84-7

Sukumuran R. K., Singhanıa R. R., And Pandey A., (2005). Microbial Cellulases production, Applications and challenges. *Journal Of Scientific and Industrial research*. 64, 832-844.

Szakacs-Dobozi, M., Halasz, A., Kozma-Kovacs, E., and Szakacs, G. (1988). Enhancement of mustard oil yield by cellulolytic pretreatment. *Applied microbiology and biotechnology*, 29, 39-43.

Yu, H., Ren, X., Liu, Y., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., and Yao, W. (2019). Extraction of Cinnamomum camphora chvar. Borneol essential oil using neutral cellulase assisted-steam distillation: optimization of extraction, and analysis of chemical constituents. *Industrial Crops and Products*, 141, 111794.

Zhao, C., Fang, H., & Chen, S. (2017). Single cell oil production by Trichosporon cutaneum from steam-exploded corn stover and its upgradation for production of long-chain α , ω -dicarboxylic acids. *Biotechnology for biofuels*, 10(1), 1-16.

Bağlantılar:

Bağlantı 1: Retrieved from (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/enzymes-industry>), on 01.11.2023

Bağlantı 2: Retrieved from (<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/food-enzymesmarket800.html#:~:text=The%20global%20food%20enzymes%20market%20was%20valued%20at%20USD%202%2C160.4,6.4%25%20from%202021%20to%202026>), on 01.11.2023

Sigara İçmek ve Hastalık Risklerini Tahmin Etmek: Makine Öğrenmesiyle Bilimsel Bir Bakış

Pınar KARADAYI ATAŞ¹

Özet

Sigara içmek, kardiyovasküler hastalıklar, akciğer kanseri ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi çeşitli sağlık sorunları için bilinen bir risk faktörüdür. Sigara içmenin vücut üzerindeki sonuçları çoktur ve çeşitli fizyolojik belirteçlerde görülebilmektedir. Bu çalışmanın amacı bireylerin sağlıkla ilgili çok sayıda özelliğini içeren bir veri setini inceleyerek sigara içmenin fizyolojik sinyaller üzerindeki etkisini araştırmaktır. İnsanların sağlıkla ilgili özelliklerine göre sigara içme durumunu tahmin etmek için toplu öğrenme modellerini kullanmaktır. Araştırmanın bulgularına göre sigara içmek çeşitli sağlık sorunlarına yakalanma riskini artırıyor. Örneğin sigara içenlerin kilosu ve bel çevresi sigara içmeyenlere göre daha yüksektir, bu da obezite riskini artırır. Ayrıca sigara içenlerde ortalama olarak daha yüksek LDL ve trigliserit düzeyleri bulunmaktadır, bu da kardiyovasküler hastalık riskinin arttığını göstermektedir. Ayrıca sigara içenlerin ortalama AST ve ALT değerleri daha yüksekti, bu da karaciğer hasarı riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Topluluk öğrenmesi, sağlık verileri analizi, makine öğrenmesi., sınıflandırma.

¹ İstanbul Arel Üniversitesi/Mühendislik Mimarlık Fakültesi/Bilgisayar Mühendisliği

GİRİŞ

Son yıllarda sağlık araştırmaları ile ileri veri analitiğinin yakınlaşması, yaşam tarzı seğimleri ile sağlık sonuçları arasındaki karmaşık bağlantının daha iyi anlaşılmasının yolunu ağmıştır. Solunum hastalığı, kardiyovasküler hastalık, kanser ve gastrointestinal (GI) bozuklukları gibi insan hastalıklarıyla bağlantılıdır (Chatziioannou vd., 2017; Forey vd., 2011; Lee & Pausova, 2013; L. Li vd., 2014). DÜnya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre sigara içmenin dÜnya ekonomisine yılda 500 milyar dolardan fazla maliyeti var. Yapılan bu araştırmalar önemli sağlık bozuklukları için köklü bir risk faktörü olan sigara içmenin, önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam ettiğini göstermektedir. Sigara içmek, Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 480.000'den fazla kişinin ölümüne sebep olmaktadır. Bu ölümlerin 41.000'den fazlası ikinci el dumana maruz kalmaktan kaynaklanmaktadır. Sigara içmek vücudun her organına zarar vermektedir. Başlıca kardiyovasküler hastalıklar (CVD), solunum hastalıkları, kanserler ve diğer sağlık riskleri dahil olmak üzere birđok hastalığa neden olmaktadır (Lushniak vd., 2014). Sigara kullanımının azaltılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiş olmasına ve sigara içme prevalansının, Surgeon General'in 1964'te sigara iğmeyle ilgili raporundan bu yana ABD yetişkin nüfusunda %14 ile en düşük noktaya ulaşmasına rağmen; sigara içmek birđok hastalığın önde gelen ve önlenebilir nedeni olmaya devam etmektedir (Lushniak vd., 2014). Gelişmiş dÜnyada, hem erkek hem de kadın sigara içenler arasındaki genel ölüm oranı, hiğ sigara iğmemiş benzer insanlara göre yaklaşık üç kat daha fazladır. Sonuç olarak, Ülkeler için ekonomik sonuçlar kritiktir. Amerika Birleşik Devletleri'nde sigaraya bağlı hastalık yılda 289 milyar dolardan fazlaya mal oluyor, buna en az 133 milyar dolar yetişkinler için doğrudan tıbbi bakım ve 156 milyar dolar üretkenlik kaybı buna dahildir (Lushniak vd., 2014).

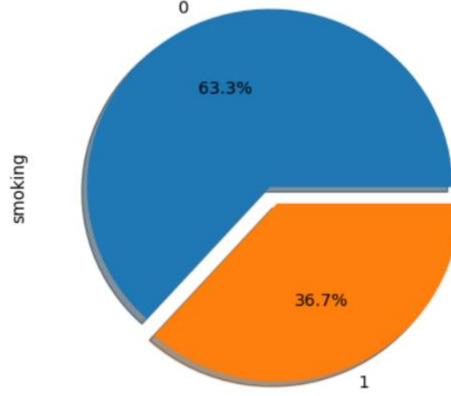
Bu çalışmada kullanılan topluluk öğrenme modelleri, Lojistik Regresyon (Tolles & Meurer, 2016) , Karar Ağağları (Damanik vd., 2019), AdaBoost (Freund & Schapire, 1997), Naive Bayes (Reddy vd., 2022) ve XGBoost (Z. Li, 2022) gibi birđok iyi bilinen sınıflandırıcıları içermektedir. Bu modeller, bireylerin sağlıkla ilgili özelliklerine göre sigara içme durumlarını tahmin etmek için veri seti üzerinde eğitilmiştir. Bu alışma, Ensemble Learning'in (topluluk öğrenme) güçlü ve faydalı bir yaklaşım olduğunu göz önünde bulundurarak bu metodolojiyi benimsemiştir. Topluluk öğrenmesi, farklı sınıflandırma algoritmalarının tahminlerini birleştirerek daha güçlü ve sağlam bir sonuç elde etmemize olanak tanır. Bu yöntem, her bir modelin tek başına sağladığı tahminlerin ötesine geçerek, daha kesin ve güvenilir sonuçlar üretmekte bize yardımcı olmaktadır. Topluluk öğrenmesi kullanılmasının bir diğer nedeni, yapılacak olan tahminden daha yüksek doğruluk ve performans elde etmektir. Bu yaklaşım, veri setinin karmaşıklığını ele almak ve daha kapsamlı bir perspektif sunmak için uygulanmıştır.

MATERYAL VE METHOD

Veri Seti

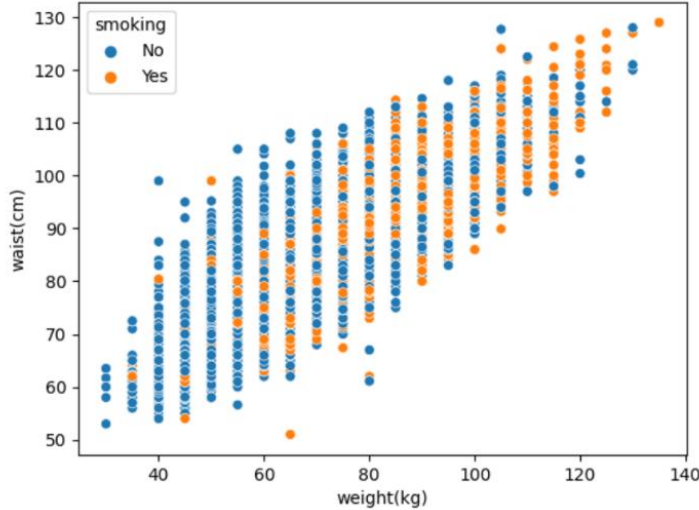
Bu alışmada Body signal of smoking veri seti kullanılmıştır. Veriler Kore Ulusal Sağlık Sigortası Kurumundan elde edilmiştir. Veri setinde 24 farklı sütun ile sigara içme durumu sütunu vardır, toplam 55692 satır veri içermektedir. ID ve oral sütunları veri analizinde karar verme mekanizması üzerinde etkisi olmayacağı gerekçesiyle çıkarılmışlardır. Bu grafik, çalışmada kullanılan verilerdeki sigara içen ve içmeyenlerin göreceli dağılımını göstermektedir. Bu pasta grafiği, sigara içenlerin ("1" olarak işaretlenmiştir) sigara

içmeyenlere ("0" olarak işaretlenmiştir) sayısal oranını göstermektedir ve çalışmanın ana demografik temelini oluşturmaktadır.

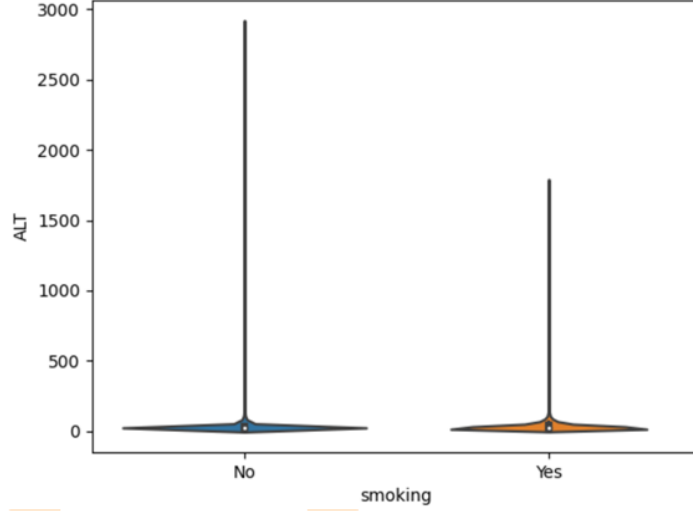


Veri Setinde Sigara içen ve içmeyenlerin pasta grafiği (0 içmeyen, 1 içen)

Sigara İçme Durumu ile İlişkisi bulunan Sütunlar ve Özellikleri incelendiğinde; sigara içenlerde LDL, trigliserit, AST ve ALT değerlerinin sigara içmeyenlere göre daha yüksek olduğu veri setinde gözlemlenmiştir. Sigara içmeyenlerde Alanin Aminotferaz (ALT) oranın daha yüksek olduğu Şekil-2 de gözlemlenmiştir.



ALT'nin sigara içenle içmeyen arasındaki ilişkinin Keman Grafiğinde gösterimi



Kilo ve bel çevresine göre sigara içme durumlarının dağılım grafiği

Şekil 3'teki grafik sigara içen ve içmeyenlerin kilosunu ve bel çevresini karşılaştırmaktadır. Grafik, sigara içenlerin daha yüksek kiloya ve bel çevresine sahip olma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Sigara içmenin vücut kompozisyonu üzerindeki olası etkilerini tasvir etmektedir.

Methodlar

Bu çalışma, topluluk öğrenmesi yöntemlerinden biri olan 'bagging (torbalama)' yöntemini benimseyerek, Lojistik Regresyon (Tolles & Meurer, 2016) , Karar Ağaçları (Damanik vd., 2019), AdaBoost (Freund & Schapire, 1997), Naive Bayes (Reddy vd., 2022) ve XGBoost (Z. Li, 2022) gibi bir dizi önde gelen sınıflandırma algoritmasını içermektedir. Bu yöntemler, veri setinin farklı özelliklerine dayalı olarak bireylerin sigara içme durumlarını tahmin etme görevini yürütmek için kullanılmıştır. Bagging, bu farklı sınıflandırma algoritmalarının tahminlerini birleştirerek, daha güçlü ve kararlı bir topluluk öğrenme modeli oluşturmayı amaçlar. Bu model, analizin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için kullanılmıştır.

Lojistik regresyon, iki veya daha fazla sınıfa sahip problemlerde kullanılan bir gösterim yaklaşımıdır. Karar ağaçları, bir dizi kararı ve sonucu temsil etmek için ağaç yapısını kullanan bir temsil ve regresyon yöntemidir. AdaBoost (Adaptive Boosting), güçlü bir sınıf oluşturucu üretmek için zayıf sınıflandırıcıları (örneğin, zayıf karar ağaçları) birleştiren bir topluluk öğrenme yöntemidir. Naive Bayes, Bayes teoremine dayanan bir gösterim yöntemidir. Bu yöntem, veri setindeki özelliklerin belirli bir sınıfa ait olma olasılıklarını değerlendirerek büyütür. XGBoost (Extreme Gradient Boosting), özellikle büyük veri kümelerinde iyi performans gösteren ağaç tabanlı bir topluluk öğrenme algoritmasıdır.

Torbalama (bagging), ağaç tabanlı modeller gibi zayıf sınıflandırıcıları geliştirmek için sıklıkla kullanılan bir topluluk öğrenme yöntemidir. Bu yöntem, veri setinin birden fazla alt kümesini rastgele oluşturur ve daha sonra bu alt kümeler üzerinde bağımsız modeller oluşturur. Daha sonra bu modellerin tahminleri bir araya getirilerek daha güçlü ve kararlı bir sınıflandırıcı elde edilir. Torbalama, veri seti varyasyonunu en aza indirmek ve aşırı uyumu önlemek için özellikle kullanışlıdır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda metotlar bölümünde belirtilen her bir yöntem ve torbalama yöntemi kullanılmış olup elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tablo 1’de görüldüğü üzere Topluluk Öğrenmesi Metodunun 0.03 fark ile kullanılan metotlar arasında en doğru sonucu verdiği görülmüştür. Bu tablo, farklı makine öğrenimi yöntemlerinin sigara içmeyi doğru şekilde tahmin etme hızını karşılaştırır. Her bir lojistik regresyon, karar ağaçları, AdaBoost, Gaussian Naive Bayes, XGBoost ve topluluk öğrenme yöntemleri için doğruluk rakamları gösterilir. En yüksek doğruluğa sahip yöntem, tüm yöntemlerin torba yöntemiyle birleştirildiği ve başarı oranının 0,78 olduğu yöntem oldu. Bu durum, farklı algoritmaların tahminlerinin birleştirilmesiyle elde edilen toplam doğruluğun, her yöntemin ayrı ayrı doğruluğundan daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 2’deki sınıflandırma raporunda görüldüğü üzere Topluluk Öğrenmesi Metodu sigara içmeyen sigara içene göre daha iyi bir kesinlik ve daha iyi bir F1-Skoru ile ayırt etmiştir. Bu tablo, topluluk öğrenme yöntemiyle elde edilen sınıflandırma raporunu gösterir. Kesinlik, hatırlama, F1 puanı ve destek değerleri sigara içenler (1) ve içmeyenler (0) için ayrı ayrı sunulmaktadır. Sigara içmeyenlerin (0) kesinlik, hatırlama ve F1 puanlarının daha iyi olduğu, sigara içenlerin (1) ise daha kötü puanlara sahip olduğu görüldü. Bu sonuçlar, modelin sigara içmeyenleri sigara içenlere göre daha doğru bir şekilde ayırt ettiğini göstermektedir.

Tablo 1 – Methodlara Göre Kişinin Sigara İçin İçmediğini Bulan Doğruluk Oranları

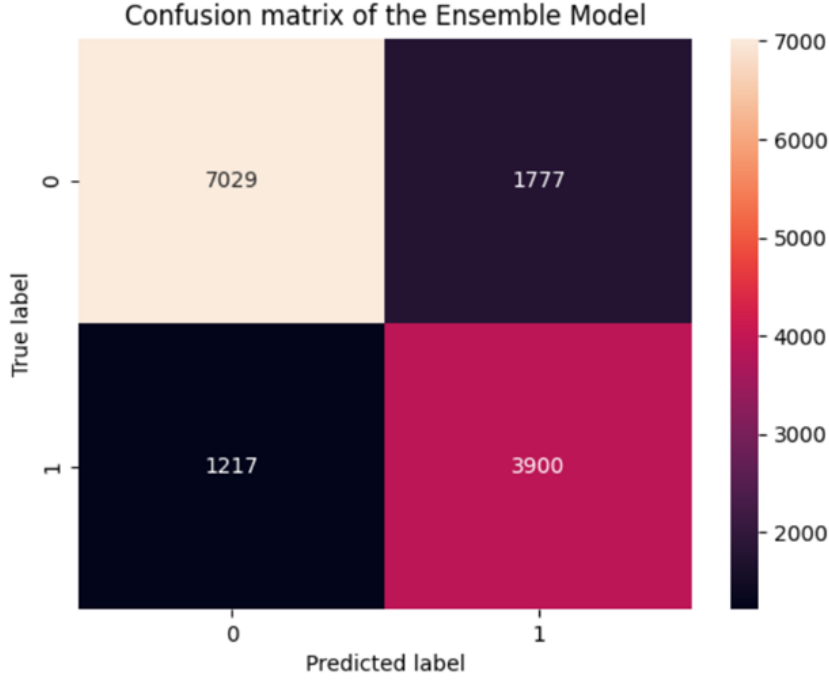
Methodlar	Doğruluk Oranı
Lojistik Regresyon	0.73
Karar Ağacı	0.75
AdaBoost	0.74
Gaussian Naive Bayes	0.70
XGBoost	0.75
Bagging(with whole methods)	0.78

Tablo 1 – Topluluk Öğrenmesi Methodunun Sınıflandırma Raporu

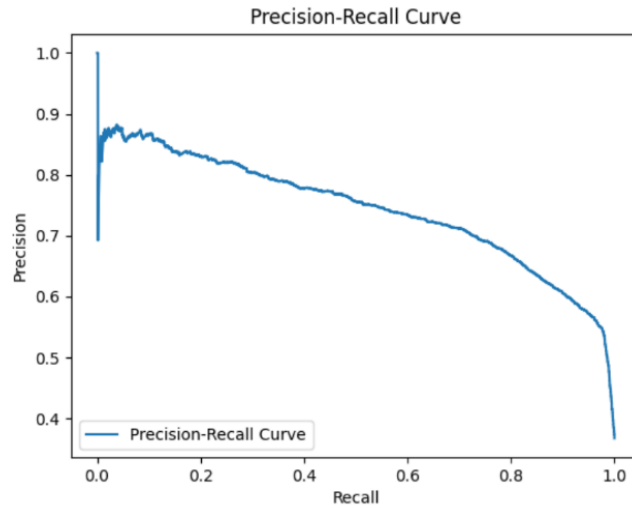
	Kesinlik	Geri Çağırma	F1-Skoru	Destek
0	0.85	0.80	0.82	8806
1	0.69	0.76	0.72	5117
Doğruluk Oranı			0.78	13923
Makro Ortalama	0.77	0.78	0.77	13923
Ağırlıklı Ortalama	0.79	0.78	0.79	13923

Makine öğrenimi alanında ve özellikle istatistiksel sınıflandırma probleminde, hata matrisi olarak da bilinen bir karışıklık matrisi, tipik olarak denetimli öğrenme olan bir algoritmanın performansının görselleştirilmesine izin veren belirli bir tablo düzenidir. Şekil-4’te

sınıflandırma raporunu destekleyecek şekilde modelimizin sigara içmeyenleri sigara içenlere nazaran daha doğru tahmin edildiği gözlemlenmiştir. Bu grafik, makine öğrenimi modelinin performansını gösteren bir karışıklık matrisidir. Bu, modelin sigara içenleri ve içmeyenleri ne kadar doğru sınıflandırdığını gösteriyor. Grafik, model doğruluğu, yanlış pozitifler ve yanlış negatifler gibi önemli ölçümleri içerir.



Şekil. 4. Topluluk öğrenmesinin Hata Matrisi grafiği

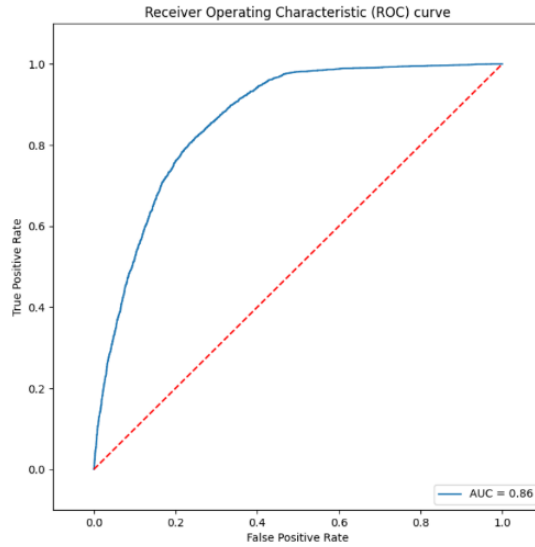


Şekil. 5. AUC-ROC Eğri grafiği

ROC eğrisi, ikili sınıflandırma sistemlerinde ayırım eşik değerinin farklılık gösterdiği durumlarda, hassasiyetin kesinliliğe olan oranıyla ortaya çıkmaktadır. Şekil. 5'deki grafiğe bakılırsa AUC'nin 0.86 olduğu ve iyi bir performans verdiği gözlemlenebilir. Bu grafik,

modelin ikili sınıflandırma performansını değerlendiren bir ROC eğrisidir. AUC (Eğri Altındaki Alan) değeri, modelin sınıflandırma yeteneğinin genel gücünü gösterir. Bu grafik, farklı eşikler altında model hassasiyeti ve geri çağırma dengesini gösterir.

Hassasiyet-geri çekilme eğrisi, farklı eşik için hassasiyet ve geri çağırma arasındaki değişimi gösterir. Eğrinin altındaki yüksek bir alan, yüksek hassasiyetin düşük yanlış pozitif oranla ilişkili olduğu hem yüksek hatırlama hem de yüksek hassasiyeti temsil eder ve yüksek geri çağırma düşük bir yanlış negatif oran ile ilgilidir. Şekil 6'da bu net bir şekilde gözlemlenir. Bu grafik,



Şekil. 6. Hassasiyet-geri çekilme eğrisi

modelin farklı eşiklerdeki doğruluğunu ve geri çağırma oranını gösterir. Eğrinin altındaki alan, modelin yüksek duyarlılığı düşük hatalı pozitif oranlarla nasıl birleştirdiğini gösterir, ancak aynı zamanda yüksek hatırlama ile düşük hatalı negatif oranları arasındaki ilişkiyi de vurgular. Bu çalışmanın sonuçları, sigara içmenin çeşitli vücut sinyallerinde gözlemlenebilen sağlık sorunlarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Örnek vermek gerekirse, sigara içenler içmeyenlere kıyasla daha yüksek kiloya ve bel çevresine sahiptir, bu da daha yüksek obezite riskini gösteriyor. Sigara içenlerde ayrıca kardiyovasküler hastalık, karaciğer hasarı ve diğer sağlık komplikasyonları ile ilişkili olan LDL, trigliseritler, AST ve ALT seviyeleri daha yüksektir.

Bu çalışmanın bulguları, sigara içenlere yönelik özel sağlık planlarının geliştirilmesi için önemli bir öneri sunmaktadır. Sağlık uygulayıcıları, sigara içmenin en güçlü şekilde bağlantılı olduğu kesin bedensel sinyalleri ve bu sinyallerle ilişkili sağlık risklerini anlayarak, sigara içenlerin en acil sağlık sorunlarına odaklanan özelleştirilmiş müdahaleler geliştirebilirler. Bu tür bir müdahale, sigara içenlerin genel sağlığını iyileştirebilir ve sigaraya bağlı sağlık sorunlarını önleyebilir. Bu çalışmanın bulgularına dayanarak sağlık hizmeti sağlayıcıları, bireylerin sağlığını korumak ve iyileştirmek için özel teknikler tasarlamayı düşünmelidir. Bu tür kişiselleştirilmiş sağlık planları, sigara içenlerin sağlık durumlarının daha iyi anlaşılmasına ve gelecekteki kötü sonuçların azaltılmasına yardımcı olarak sağlık hizmeti kalitesini artırabilir.



3rdInternational

Congress on Multidisciplinary Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-58-8

Bu sonuçlara dayanarak, sigara içmenin sağlık sorunları için önemli bir risk faktörü olduğu ve sigaranın etkilerinin çeşitli vücut sinyallerinde görülebileceği açıktır. Sigarayla ilişkili sağlık yükünü azaltmak için, sigarayı bırakmaya yönelik müdahalelerin geliştirilmesi esastır



KAYNAKÇA

- Chatziioannou, A., Georgiadis, P., Hebels, D. G., Liampa, I., Valavanis, I., Bergdahl, I. A., Johansson, A., Palli, D., Chadeau-Hyam, M., & Siskos, A. P. (2017). Blood-based omic profiling supports female susceptibility to tobacco smoke-induced cardiovascular diseases. *Scientific reports*, 7(1), 42870.
- Damanik, I. S., Windarto, A. P., Wanto, A., Poningsih, Andani, S. R., & Saputra, W. (2019). *Decision tree optimization in C4. 5 algorithm using genetic algorithm*. 1255(1), 012012.
- Forey, B. A., Thornton, A. J., & Lee, P. N. (2011). Systematic review with meta-analysis of the epidemiological evidence relating smoking to COPD, chronic bronchitis and emphysema. *BMC pulmonary medicine*, 11(1), 1-61.
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1997). A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of computer and system sciences*, 55(1), 119-139.
- Lee, K. W., & Pausova, Z. (2013). Cigarette smoking and DNA methylation. *Frontiers in genetics*, 4, 132.
- Li, L., Chan, R., Lu, L., Shen, J., Zhang, L., Wu, W., Wang, L., Hu, T., Li, M., & Cho, C. (2014). Cigarette smoking and gastrointestinal diseases: The causal relationship and underlying molecular mechanisms. *International journal of molecular medicine*, 34(2), 372-380.
- Li, Z. (2022). Extracting spatial effects from machine learning model using local interpretation method: An example of SHAP and XGBoost. *Computers, Environment and Urban Systems*, 96, 101845.
- Lushniak, B. D., Samet, J. M., Pechacek, T. F., Norman, L. A., & Taylor, P. A. (2014). *The Health consequences of smoking—50 years of progress: A report of the Surgeon General*.
- Reddy, E. M. K., Gurralla, A., Hasitha, V. B., & Kumar, K. V. R. (2022). Introduction to Naive Bayes and a Review on Its Subtypes with Applications. *Bayesian Reason. Gaussian Process. Mach. Learn. Appl*, 1-14.
- Tolles, J., & Meurer, W. J. (2016). Logistic regression: Relating patient characteristics to outcomes. *Jama*, 316(5), 533-534.



Interactions Between Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae), and Entomopathogenic Nematodes

Refik BOZBUĞA¹
Doğancan KAHYA²

Abstract

Palm trees, belonging to the plant family Arecaceae and growing in tropical and subtropical regions, are also present in Türkiye. One of the significant pests affecting palm trees is the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae). This invasive species has become widespread, particularly along the Mediterranean coastline. The larvae of this pest, emerging from eggs, infest various parts of the trunk, including wound sites, creating tunnels in the soft fibrous tissue. As the number of tunnels increases, the trunk weakens, leading to decay and ultimately causing the death of the tree. The economic impact of the red palm weevil on palm and date palm trees has been documented in numerous countries, resulting in significant economic losses. Cultural measures, biotechnical approaches, and chemical control are extensively used for red palm weevil control. In biotechnical control, pheromone traps are commonly used. Numerous researches done by various researchers have identified the presence of biological control agents against this pest, both in Türkiye and globally. Several studies have investigated by some researchers the infective capabilities of entomopathogenic nematodes against the red palm weevil at different life stages, with *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora* emerging as the most effective against larvae. This review aims to provide information on studies related to the use of entomopathogenic nematodes, contributing to the biological control of the red palm weevil.

Keywords: Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, Entomopathogenic nematodes, Biological control

¹ Assoc. Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye Orcid: 0000-0001-9201-5725, E-mail: refikbozbuga@gmail.com

² Assist. Prof Dr., Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Eskişehir, Türkiye, Orcid: 0000-0002-8996-3393, E-mail: dogancankahya@gmail.com



INTRODUCTION

The Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae), was initially identified as a significant pest in coconut palms in India (Lefroy, 1906). Subsequently, this species has been recorded in other regions (Laskshmann et al., 1972; Cox, 1993; Abraham et al., 1998). The pest is now observed in many regions worldwide, causing damage primarily to plants of the Palmaceae family, especially date palms. This pest was first recorded on *Phoenix dactylifera* L. in Mersin/Türkiye in 2005 (Karut & Kazak, 2005). Approximately two years later, this insect species caused significant damage on date palms grown in parks and recreation areas in Adana, leading to the removal of more than 20% of the trees (Atakan and Yüksel, 2008).

The adult Red Palm Weevil, measuring approximately 12 mm in width and 35 mm in length, features a reddish-brown body, with a combined head length and proboscis constituting about one-third of its total body; the long, curved, and protruding proboscis is reddish-brown from above and dark brown from below, while in males, it is covered with brownish hairs and shorter compared to females, whose proboscis is smooth, thinner, and more curved, providing distinctive characteristics between the sexes of this weevil species (Anonymous, 2008). The pronotum is reddish-brown and adorned with various-sized, shaped, and numbered black spots, the elytra are dark red, not completely covering the abdomen. The hind wings are brown and adults exhibit well-developed flying abilities (Anonymous, 2008).

The larvae, emerging from eggs, cause damage by entering the trunk, where they feed on soft fibrous tissue, creating tunnels; their entire lifecycle within the trunk makes initial detection challenging, progressing to later stages marked by small holes exuding a yellowish-brown, sticky fluid, and accumulations of larval residues on the crown and branches, culminating approximately 2-3 years later in the manifestation of leaf yellowing, fading, drying, and typical decay in the affected plant tissues (Anonymous, 2008). The opening of galleries by larvae, reaching up to 1 meter in length, weakens the tree trunk, increasing the risk of falling, decay, and eventual death; a single larva, in some instances, can cause the demise of a palm tree, contributing to the complete disappearance of date palm trees in various countries, thereby incurring substantial economic losses and rendering areas impacted by the Red Palm Weevil susceptible to further infestations by pests and fungal diseases (Anonymous, 2008).

BIOLOGICAL CONTROL OF *Rhynchophorus ferrugineus* (RED PALM WEEVIL)

Quarantine measures, along with cultural, biotechnical, biological, and chemical controls, are commonly applied against the red palm weevil, specifically focusing on its biological control; in the Adana province of Turkey, phoretic mites of the *Uropodidae* family, including *Uropoda orbicularis* and *Uroobovella marginata*, were identified on the red palm weevil in 2008, notably located beneath the wings of adult weevils and on deceased larval and pupal stages, exhibiting peak abundance in May-June on weevils from traps and in February on date palm trees, potentially influencing weevil flight behaviour, particularly during spring (Atakan et al., 2009).

Using a local strain of *Beauveria bassiana* against the red palm weevil, a cost-effective medium with granulated rice was developed for mass-producing dry conidia, demonstrating high potential with 5.2 mg conidia/cm² and a 91.7% efficacy on adult weevils, where stored conidia maintained virulence even after 13 months at -10°C; field investigations in Ras Al Khaimah on date palm trees showed effectiveness, with oil formulation spraying resulting in 13.7-19.2% mortality and powder formulation dusting causing 8.9% mortality in the adult population,

followed by delayed monthly mortalities, while a naturally detected *B. bassiana* strain from *R. ferrugineus* pupa exhibited efficacy in laboratory trials against eggs, larvae, and adults, including transmission between sexes, leading to reductions in fecundity and egg hatching, and semi-field preventive assays confirmed its potential as a biological control agent with efficacies reaching up to 85.7% (Dembilio et al., 2010).

In evaluating the susceptibility of the red palm weevil to the HA strain of *Bacillus thuringiensis* (Bt), a widely used entomopathogenic bacterium in pest management, bioassays at various concentrations were conducted on red palm weevil eggs, second instars, and fourth instars, revealing significant impacts on egg hatching rates and hatch times, with the determination of LC50 for second instar larvae and noteworthy mortality increase with higher concentrations after 15 days, alongside observed differences in boring activity of fourth instars exposed to Bt, collectively suggesting the potential of Bt as an effective biological control agent for red palm weevils, mitigating damage to palm trees (Pu et al., 2017).

Addressing the substantial threat posed by *R. ferrugineus* to date palm trees in Egypt and the Middle East, traditionally managed through chemical control with associated challenges, a study explored the potential of the indigenous fungus *B. bassiana*, sourced from red palm weevil cadavers, as an alternative pest management strategy; field applications in Elkassasin, Ismailia Governorate, Egypt, between 2007 and 2008, encompassed injecting *B. bassiana* into infested palm trees, periodic dusting of fungal spores, and the release of contaminated males, resulting in a notable 90% success rate in reducing the palm weevil population and suggesting *B. bassiana*'s promise as a bio-insecticide for effective red palm weevil control (Sewify et al., 2009).

ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES and *Rhynchophorus ferrugineus* (RED PALM WEEVIL)

The infective capabilities of four entomopathogenic nematode species (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema glaseri*) are evaluated against larvae, pupae, and adult red palm weevil, revealing that *H. bacteriophora* and *S. carpocapsae* are the most effective, causing 92.68% and 94.68% infection rates in larvae, while adult emergence results shows 60.20% and 63.60% infested pupae, respectively; *S. carpocapsae* demonstrated 100% mortality in 6th instar larvae, highlighting the potential of *H. bacteriophora* and *S. carpocapsae* as sustainable biocontrol agents against the red palm weevil in integrated pest management strategies (Rehman and Mamoon-Ur-Rashid, 2022).

The significance of entomopathogenic nematodes (EPNs) and their symbiotic bacteria as effective biological control agents against *R. ferrugineus*, emphasizing their potential in integrated pest management strategies as an environmentally friendly alternative to chemical pesticides, given the severe global impact of *R. ferrugineus* on palm trees and the need for early detection and intervention in pest control programs. (Nurashikin-Khairuddin et al., 2022)

The virulence of five entomopathogenic nematodes (EPNs) against both larval and adult stages of the red palm weevil (RPW), demonstrating that larval susceptibility is higher, with *Steinernema glaseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* inducing mortality rates of 100% and 92%, respectively, at specific concentrations, while *S. scapterisci*, *Steinernema* sp., and *Steinernema abbasi* exhibit higher virulence against the adult stage, suggesting the potential of EPNs as an effective and eco-friendly biological control strategy for both larval and adult stages of RPW (El Sadawy et al., 2020)

The sub-lethal effects of *Beauveria bassiana* fungus and two entomopathogenic nematode species, *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*, individually and in

combinations, against different instars of the red palm weevil (RPW), *R. ferrugineus*, revealing additive and synergistic effects in combined treatments, with susceptibility higher in early instar larvae, resulting in reduced pupation, adult emergence, and hatching, as well as sub-lethal effects such as altered larval weights, extended developmental durations, reduced adult weights, and lifespans, highlighting the potential of these biocontrol agents for effective and eco-friendly RPW management (Manzoor et al., 2020)

Pathogenicity assessments of ten entomopathogenic nematodes against *R. ferrugineus* revealed high efficacy in laboratory conditions, causing 100% mortality in larvae and adults, but less effective control in the field with a maximum larval mortality of 66.67%, possibly attributed to factors such as hot weather, tunnelling behavior of pest larvae, and excessive sap presence in palm tree trunks (Abbas et al., 2003).

The spatial distribution of red palm weevil stages within infected palm tree stems in Ismaelia governorate, Egypt, exhibited a clumped pattern, as indicated by Taylor's power law, and sample size optimization was calculated for larvae, pupae, and adults to achieve a predetermined level of sampling error; additionally, the application of entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* strain EG1 under citrus tree canopies resulted in a contagious distribution with significant insect mortality at early sampling dates, transitioning to a random distribution with reduced efficacy at later sampling dates (Salama et al., 2010).

Entomopathogenic nematodes in the families Steinernematidae and Heterorhabditidae, particularly genetically enhanced strains, have demonstrated high efficacy in laboratory and field studies against the red palm weevil, exhibiting 95-100% mortalities in laboratory conditions and 50% in the field, suggesting their potential as safe and viable biological control agents pending further improvements in virulence, mass production, tolerance, formulations, and release strategies (Hanounik, 1998).

The study evaluates the impact of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* on mortality, growth, and immune activity of *R. ferrugineus* larvae, finding a positive correlation between nematode dosage/duration and weevil mortality, determining the median lethal dose and time, observing detrimental effects on larval weight, and noting in vivo and in vitro impacts on phagocytic responses of weevil hemocytes, revealing non-encapsulation of the nematode, and introducing a novel technique to measure the minimum inhibitory concentration of the weevil's humoral and cellular immune systems against entomopathogenic bacteria *Xenorhabdus nematophila* (Manachini et al., 2013)

CONCLUSION

In conclusion, the invasive red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) is a severe threat to palm trees globally, necessitating effective pest management strategies. This review highlights the significance of entomopathogenic nematodes (EPNs), particularly *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*, as promising biological control agents against various life stages of the red palm weevil. The studies discussed emphasize the potential of EPNs in laboratory and field conditions, with a focus on larval susceptibility. Additionally, complementary approaches involving *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis* are explored, providing a comprehensive overview of diverse biological control methods. Further research and development are crucial to enhance the efficacy, mass production, and application strategies of these biocontrol agents for sustainable and environmentally friendly red palm weevil management.

REFERENCES

- Abbas, M.S.T.; Saleh, M.M.E.; Akil, A.M. (2001). Laboratory and field evaluation of the pathogenicity of entomopathogenic nematodes to the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.) (Col.: Curculionidae). *J. Pest Sci.*, 74, 167–168.
- Abraham, V.A., Shuaibi, M.A., Faleiro, J.R., Abozuhairah, R.A., & Vidyasagar, P.S. (1998). An integrated management approach for red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. a key pest of date palm in the Middle East. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 3(1), 77-83.
- Anonymous, (2008). file:///C:/Users/kahya/Downloads/PALM%C4%B0YE%20KIRMIZIB%C3%96CE%C4%9E%C4%B0%20(Rhynchophorus%20ferrugineus).pdf. (Accessed date: 03.12.2023).
- Atakan, E., Elekçioğlu, I.H., Gözel, U., Güneş, Ç., & Yüksel, O. (2009). First report of *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975)(Nematoda: Heterorhabditidae) isolated from the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790)(Coleoptera: Curculionidae) in Turkey. *EPPO bulletin*, 39(2), 189-193.
- Atakan, E., Yüksel, O. (2008). Adana ilinde hurma (palmiye) ağaçlarında zararlı bir böcek türü: Palmiye kırmızı böceği [(*Rhynchophorus ferrugineus* (Oliver, 1790) (Coleoptera: Curculionidae)] 51-60. Adana Kent Sorunları Sempozyumu (9-10 Mayıs 2008) Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Bildiriler Kitabı.
- Cox, M.L. (1993). Red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* in Egypt . *FAO Plant Protection Bulletin*, 41: 30-31.
- Dembilio, Ó., Quesada-Moraga, E., Santiago-Álvarez, C., & Jacas, J.A. (2010). Potential of an indigenous strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Journal of invertebrate pathology*, 104(3), 214-221.
- El Sadawy, H.A.; Namaky, A.H.; Al Omari, F.; Bahareth, O.M. Susceptibility of *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier)(Coleoptera: Curculionidae) to entomopathogenic nematodes with regard to its immune response. *Biol. Control*, 148, 104308.
- El-Sufty, R., Al-Awash, S.A., Al Amiri, A.M., Shahdad, A.S., Al Bathra, A.H., & Musa, S.A. (2006). Biological control of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Curculionidae) by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in United Arab Emirates. In III International Date Palm Conference 736 (pp. 399-404).
- Hanounik, S.B. (1998). Steinernematids and Heterorhabditids as Biological Control Agents for Red Palm Weevil (*Rhynchophorus Ferrugineus* Oliv.). *Journal of Agricultural and Marine Sciences.*, 3(1), 95–102.
- Karut, K. & Kazak, C. (2005). Akdeniz Bölgesi'nde yeni bir hurma ağacı (*Phoenix dactylifera* L.) zararlısı: *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Curculionidae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29(4): 295-300.
- Laskshmann, P.L., Subba Rao, P.B., Subramanian, T.R. (1972). A note on the control of the coconut red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* with certain new chemicals. *Madras Agricultural Journal*, 59: 638-639.
- Lefroy, H.M. (1906). The More Important Insects Injurious to Indian Agriculture. Government of Indian Printing Press, Calcuta, India, 151 pp.
- Manachini, B., Schillaci, D., & Arizza, V. (2013). Biological responses of *Rhynchophorus ferrugineus* (coleoptera: Curculionidae) to *Steinernema carpocapsae* (nematoda: Steinernematidae). *Journal of economic entomology*, 106(4), 1582-1589.



- Manzoor, M., Ahmad, J. N., Giblin-Davis, R. M., Javed, N., & Haider, M. S. (2020). Effects of entomopathogenic nematodes and/or fungus on the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Curculionidae: Coleoptera). *Nematology*, 22(10), 1193-1207.
- Nurashikin-Khairuddin, W., Abdul-Hamid, S.N.A., Mansor, M.S., Bharudin, I., Othman, Z., Jalinas, J. (2022). A Review of Entomopathogenic Nematodes as a Biological Control Agent for Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Insects*, 13(3):245.
- Pu, Y.C., Ma, T.L., Hou, Y.M., Sun, M. (2017). An entomopathogenic bacterium strain, *Bacillus thuringiensis*, as a biological control agent against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest Management Science*, 73(7), 1494-1502.
- Rehman, G., Mamoon-Ur-Rashid, M. (2022). Evaluation of Entomopathogenic Nematodes against Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). *Insects*, 16;13(8):733.
- Salama, H. S., & Abd-Elgawad, M. M. (2010). Spatial patterns of the red palm weevil and applied entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(7), 689-699.
- Sewify, G.H., Belal, M.H., & Al-Awash, S.A. (2009). Use of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* for the biological control of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 19(2), 157-163.

ICOMNAS



PID Tuning with Metaheuristic Algorithms For Synchronization of Chaotic Oscillator

Selma BEDİR¹

Rıdvan SARAÇOĞLU²

Abstract

Chaotic oscillators are used to ensure data security and to prevent unauthorized persons from accessing the transmitted data. While providing this security, signals generated from chaotic oscillators are used. With the help of these oscillators, our data is encrypted. In this study, the synchronization of chaotic oscillators at the transmitter and receiver sides to decode the encrypted voice or any data at the receiver side is performed with PID controller coefficients obtained from two different metaheuristic algorithms, Butterfly-based particle swarm optimization and Gray Wolf Optimization algorithm. Metaheuristic algorithms are algorithms inspired by the behavior of animals in swarms. Thanks to these algorithms, the controller coefficient was found, synchronization between chaotic oscillators was realized and a secure communication was contributed.

Keywords: Chaotic Oscillator, Butterfly Based Particle Swarm Optimization, Gray Wolf Algorithm

¹ MSc. Student Van Yuzuncu Yil University, Electrical and Electronics Engineering Department, Orcid: 0009-0007-7946-3719

² Prof. Dr., Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Van, 65090, Turkey Orcid: 0000-0002-5853-4545

1.INTRODUCTION

Chaotic oscillators are based on chaos theory (Lorenz,1963; Chua et al., 1993). Chaotic oscillators, unlike other signal generators, produce unique signals that do not repeat themselves in time. These oscillators ensure that the data to be transmitted is encrypted and transmitted to the receiver. However, even if the mathematical expressions of each chaotic oscillator are the same, the chaotic oscillators on the transmitter and receiver side need to be synchronized because they are independent in themselves(Li, S. Y. et al., 2011; Pecora, L. M. et al., 2015).

2.MATERIAL and METHOD

CHAOTIC OSCILLATOR

Sprott Chaotic Oscillator

Today, there are different types of chaotic oscillators. Many oscillators with different mathematical expressions such as Sprott, Chua, Chen are used.(Chua, L. O. et al., 1993; Sprott, J. C., 2000; Matsumoto, T.,1984) Thanks to the mathematical expressions used, unique signals that do not repeat themselves over time are obtained. These oscillators can encrypt data such as audio or video. (AlMutairi, F. et al., 2020, AlMutairi, F. et al., 2020, Gebereselassie, S. A. et al., 2022) In order for the communication system built from chaotic oscillators to be deciphered at the transmitter side, both sides must have chaotic oscillators with the same mathematical expressions. (Almali, M. N. et al., 2016) In our study, synchronization of the Sprott chaotic oscillator was achieved. Mathematical expressions of the Sprott chaotic oscillator are given in Eq. 1, Eq.2 and Eq. It is given in 3. (Almali, M. N. et al., 2016, Sprott, J. C. , 2000)

$$\frac{dX_s}{dt} = Y_s \tag{1}$$

$$\frac{dY_s}{dt} = Z_s + y(t) \tag{2}$$

$$\frac{dZ_s}{dt} = -1.2X_s - Y_s - 0.6Z_s + 2signX_s \tag{3}$$

Sprott chaotic oscillator, whose mathematical expression is given, can produce three chaotic signals: X_s , Y_s and Z_s . Y_s chaotic signal is given in Figure 1.

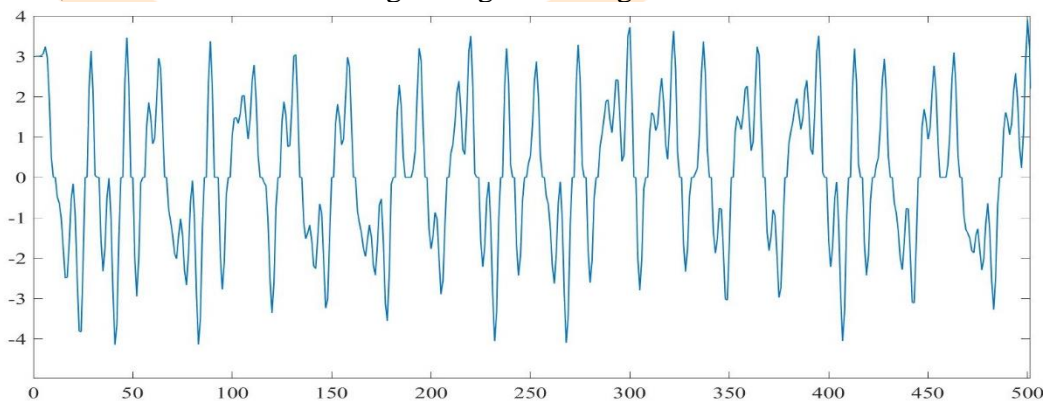


Figure 1: Y_s Chaotic Signal

METAHEURISTIC ALGORITHMS

Butterfly Based Particle Swarm Optimization (BFPSO)

Particle swarm optimization method, one of the swarm optimization algorithms, can be developed as a hybrid with different types of optimization methods. Butterfly-based particle swarm optimization is one of these hybrid optimization types. (Bohre A. K. et al., 2015) Figure 2 shows the flowchart of particle swarm optimization.

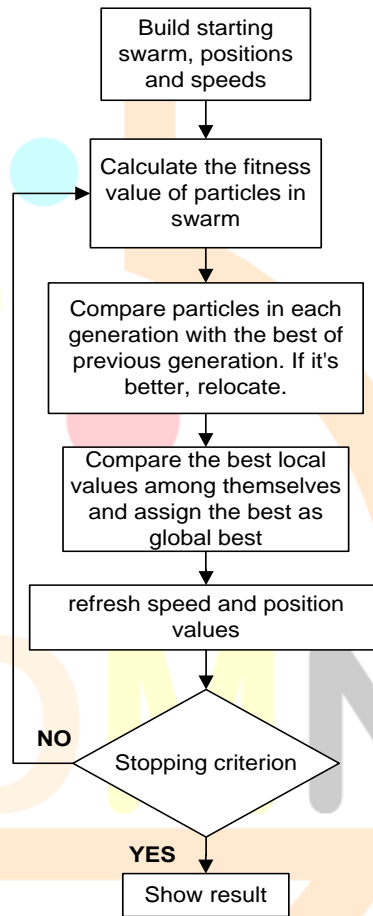


Figure 1 Particle swarm optimization flowchart

The Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm starts by placing each particle randomly in the swarm. Each particle's objective function is then evaluated, and if the calculated objective value is lower than the particle's personal best value, the personal best position is updated to the current position. The global best position is then updated by overwriting the personal best position. The velocity of each particle is calculated based on the personal and global best positions, and the position of each particle is updated accordingly. The process continues until certain criteria are met to stop the loop. PSO is implemented as a function in Matlab/Simulink, and during implementation, various parameters such as lower and upper bounds, cognitive and social coefficients, number of particles, and swarm size are determined. The mathematical expressions for velocity and position in PSO are represented by equations Eq.4 and Eq.5.

Overall, PSO iteratively updates particle positions and velocities to optimize the objective function.

$$v_{k+1} = w * v_k + c_1 r_1 (pbest_k - currentposition) + c_2 r_2 (gbest_k - currentposition) \quad (4)$$

$$x_{(k+1)} = x_k + V_{k+1} \quad (5)$$

In Equation 4, the inertia coefficient w is two random numbers between r_1 and r_2 (0, 1). c_1 and c_2 are the cognitive and social scaling parameters. However, to realize butterfly-based particle swarm optimization, the butterfly optimization equations need to be inserted into the particle swarm optimization loop. The rate equation of particle swarm optimization is rewritten according to butterfly optimization. The rate equation for butterfly-based particle swarm optimization is given in Equation 6.

$$v_{k+1} = w * v_k + S_k(1 - P_k)c_1 r_1 (pbest_k - currentposition) + p_k c_2 r_2 (gbest_k - currentposition) \quad (6)$$

In Equation 6, S_k represents sensitivity and P_k represents probability. The equations for S_k and P_k are given in equation 7 and equation 8 (Bohre A. K. et al., 2015).

$$s_k = \exp - (Iter_{max} - Iter_k) / Iter_{max} \quad (7)$$

$$P_k = FIT_{gbest,k} / -(FIT_{lbest,k}) \quad (8)$$

Grey Wolf Optimization Algorithm (GWO)

The gray wolf optimization algorithm is a swarm-based algorithm like particle swarm optimization. This algorithm is based on the hunting strategies of gray wolves in nature. This hunting strategy involves surrounding the prey and eventually hunting the prey. In the loop in the algorithm, the objective function and the positions and speeds of the gray wolves in the swarm are updated at each iteration. Figure 3 shows the gray wolves and the position of the prey in the gray wolf algorithm. (Panda, M. et al., 2019)

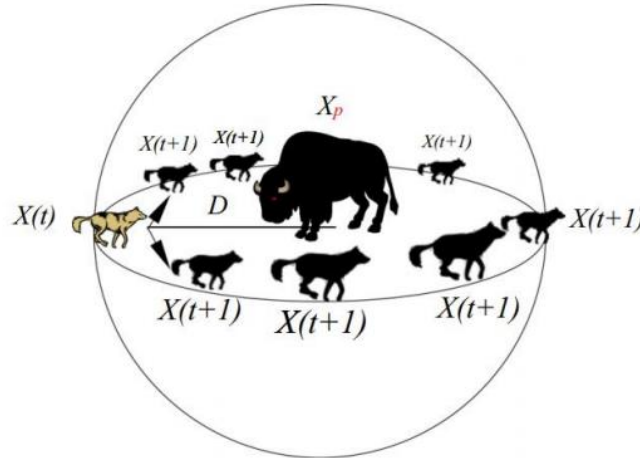


Figure 3 Gray wolves and prey position (Panda, M. et.al.2019)

The mathematical expression created for this purpose is first the positions of the gray wolves. Eq. 9 gives the position equation.

$$X(t + 1) = X(t) + A \cdot D \quad (9)$$

Eq. 9, where $X(t+1)$ is the next location and $X(t)$ is the current location. Here A is a coefficient matrix and D is a vector that depends on the location of the prey. Eq. 10 gives the expression of the vector D . $X_p(t)$ in Eq. 10 is the position of the prey and C can be found by the expression in Eq. 11. Eq. 11, where r_2 is randomly determined between 0 and 1.

$$D = |C \cdot X_p(t) - X(t)| \quad (10)$$

$$C = 2 \cdot r_2 \quad (11)$$

CONTROL METHOD

PID Controller

PID controller can be expressed as a proportional integral derivative controller. The PID controller, which is still used in today's systems, is a very old control method. Figure 4 shows an illustration of a PID controller in a feedback system.

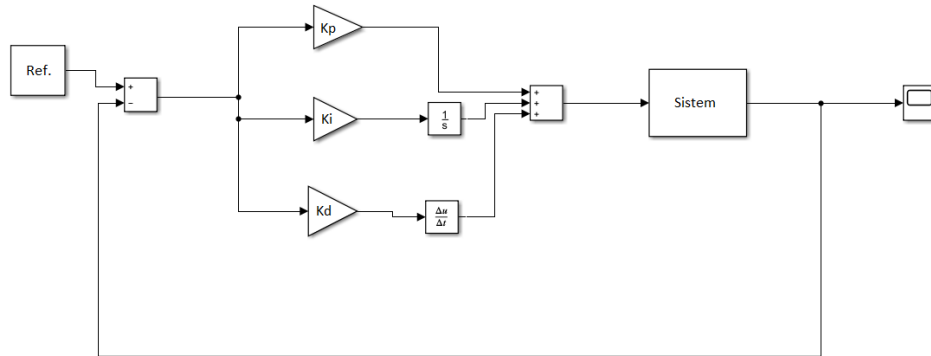


Figure 4. PID controller feedback system (Borase R. P. et. al.2021; Wang L., 2020)

If we want to find the controller coefficients K_p , K_i and K_d of the PID controller for the control of any system, there are different methods. These can be trial and error method, Nichols-Ziegler, Cohen-Coon method (Borase R. P. et. al.2021). Eq. 12 gives the general mathematical equation of the PID controller.

$$PID(t) = K_p * e(t) + K_i * \int_0^t e(t) + K_d * d \frac{e(t)}{dt} \quad (12)$$

The parameters of the PID controller can be found by these methods or by meta-heuristic methods. (Joseph S. B. 2022)

SYNCHRONIZATION

Thanks to the coefficients found with BFPSO and Gray wolf optimization (GWO) algorithm, the time difference between master and slave chaotic oscillators is eliminated. In this way, the data encrypted at the transmitter side can be decrypted at the receiver side. Figure 5 shows the block diagram of the synchronization of master and slave chaotic oscillators. (Almali, M. N. et al., 2016)

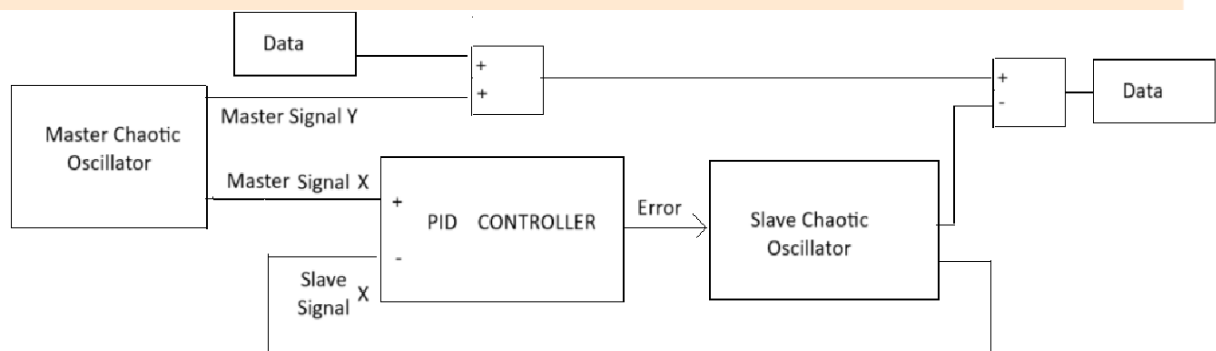


Figure 5. Synchronization of Chaotic Oscillators (Almali, M. N. et al., 2016)

3.RESULTS

PID controller Coefficients and Synchronization Graphs

Table 1 shows the coefficients found with KTPSO and Gray Wolf Optimization algorithm for the PID controller.

Tablo 1. PID coefficients found for the controller

<i>Algorithm</i>	<i>Controller</i>	<i>Kp</i>	<i>Ki</i>	<i>Kd</i>
BFPSO	PID	5.2412	7.5338	5.7489
GWO	PID	11.7226	12.2658	6.8506

The synchronization graphs according to the PID controller coefficients given in Table 2 are given in Figure 6 and Figure 7.

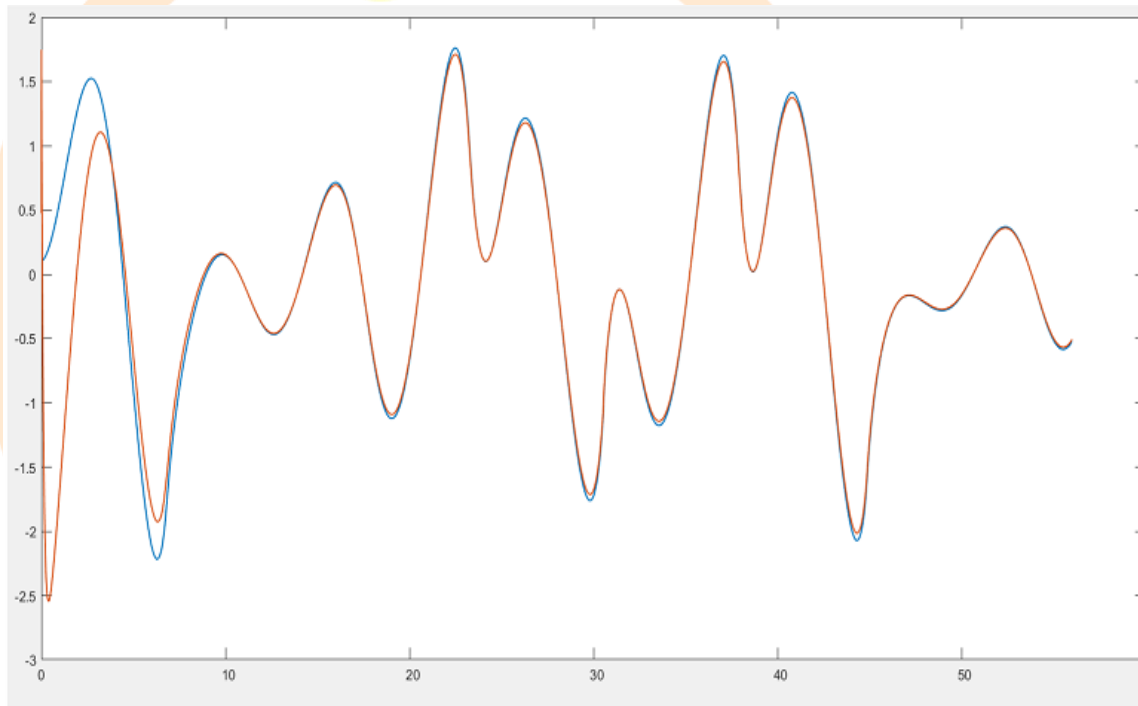


Figure 6: Synchronization of the chaotic signal with the coefficients obtained in the gray wolf algorithm.

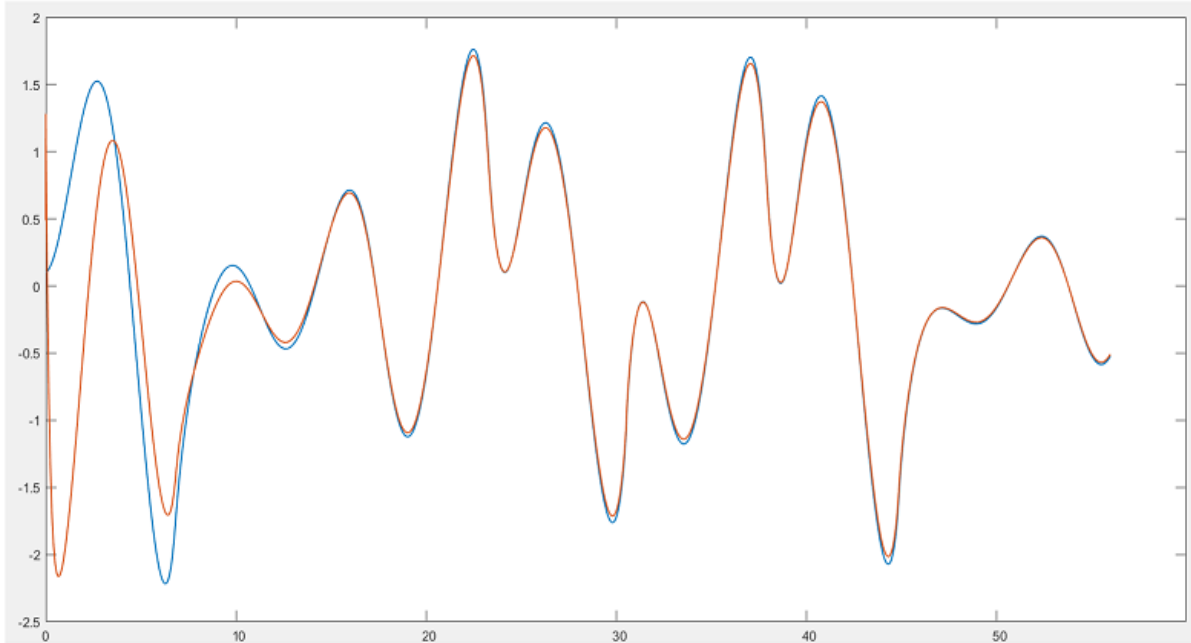


Figure 7: Synchronization of the chaotic signal with the coefficients obtained in the BFPSO algorithm.

IAE, ISE, ITAE ve ITSE Error Analysis

In order to measure the error performance of butterfly-based particle swarm optimization and gray wolf optimization algorithm in the synchronization of chaotic oscillators, special tests were applied. These tests are integral absolute error (IAE), integral squared error (ISE), integral time absolute error (ITAE) and integral time squared error (ITSE) (Faisal R. F. et al., 2021; AlMutairi, F.ve ark 2020) The mathematical expressions of the error performance criteria are given in Eq. 13, Eq. 14, Eq. 15, Eq. 16 are given as equations. The error performance analysis of the algorithms is given in Table 2.

$$ISE = \int_0^{\infty} e^2(t)dt \quad (13)$$

$$ITSE = \int_0^{\infty} e^2(t)t dt \quad (14)$$

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)|dt \quad (15)$$

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e(t)|dt \quad (16)$$

Table 2. Error performance analysis

Algorithm	Controller	ISE	IAE	ITAE	ITSE
BFPSO	PID	7.337	5.652	18.25	5.528
GWO	PID	5.165	4.27	12.19	6.552

Performance Analysis of Metaheuristic Algorithms

The synchronization time of the PID coefficients found by metaheuristic algorithms depends on the performance of the coefficients obtained from the algorithm. Table 3 shows the synchronization times of the coefficients obtained from BFPSO and Gray wolf optimization algorithm.

Table 3. BFPSO and Grey Wolf Algorithms Performance

Algorithm	Controller	Synchronization time
BFPSO	PID	11.7775s
GWO	PID	3.1416 s

4. CONCLUSIONS

Chaotic oscillators need to be synchronized in order to perform a healthy data transmission in encryption and decryption processes. This synchronization process is realized with the PID controller. PID controller coefficients are found by BFPSO and Gray Wolf algorithm and then error performance analysis is performed. In terms of synchronization time and error performance, the Gray Wolf optimization algorithm gave a faster and lower error rate than BFPSO. In the error analysis, Gray wolf gave a better response in terms of ISE, IAE and ITAE, while BFPSO gave a better response in terms of ITSE.

REFERENCES

- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of atmospheric sciences*, 20(2), 130-141.
- Chua, L. O., Wu, C. W., Huang, A., & Zhong, G. Q. (1993). A universal circuit for studying and generating chaos. I. Routes to chaos. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, 40(10), 732-744.
- Sprott, J. C., 2000. A new class of chaotic circuit. *Physics Letters A*, 266(1):19-23.
- Matsumoto, T. (1984). A chaotic attractor from Chua's circuit. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 31(12), 1055-1058.
- Almali, M. N., & Dikici, Z. (2016). The simulation of sound signal masking with different chaotic oscillations and its circuit application. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 24(5), 4284-4293.
- Sprott, J. C. (2011). A new chaotic jerk circuit. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 58(4), 240-243.
- Bohre A K Agnihotri G and Dubey M 2015 The butterfly-particle swarm optimization (Butterfly-PSO/BF-PSO) technique and its variables. *International Journal of Soft Computing, Mathematics and Control (IJSCMC)*, 4(3). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3529113>
- Özsağlam M Y and Çunkaş M 2008 Particle swarm optimization algorithm for solving optimization problems. *Journal of Polytechnic*, 11(4): 299-305.
- Bohre A K Agnihotri G and Dubey M 2015 The butterfly-particle swarm optimization (Butterfly-PSO/BF-PSO) technique and its variables. *International Journal of Soft Computing, Mathematics and Control (IJSCMC)*, 4(3). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3529113>
- Borase R P Maghade D K Sondkar S Y and Pawar S N 2021 A review of PID control, tuning methods and applications. *International Journal of Dynamics and Control*, 9: 818-827. <https://doi.org/10.1007/s40435-020-00665-4>
- Wang L 2020 Basics of PID Control.1: 1-30. <https://doi.org/10.1002/9781119469414.ch1>
- Joseph S B Dada E G Abidemi A Oyewola D O and Khammas B M 2022 Metaheuristic algorithms for PID controller parameters tuning: Review, approaches and open problems. *Heliyon*, e09399. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09399>
- Yusoff W A W Yahya N M and Senawi A 2006 Tuning of Optimum PID Controller Parameter Using Particle Swarm Optimization Algorithm Approach. *Fakulti Kejuruteraan Mekanikal Universiti Malaysia Pahang*.
- Faisal R F and Abdulwahhab O W 2021 Design of an adaptive linear quadratic regulator for a twin rotor aerodynamic system. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 32(2): 404-415. <https://doi.org/10.1007/s40313-020-00682-w>
- AlMutairi, F., & Bonny, T. (2020, November). Image encryption based on chua chaotic oscillator. In *2020 3rd International Conference on Signal Processing and Information Security (ICSPIS)* (pp. 1-4). IEEE.
- Al Mutairi, F., & Bonny, T. (2019, November). New image encryption algorithm based on switching-type chaotic oscillator. In *2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)* (pp. 1-5). IEEE.
- Gebereslassie, S. A., & Roy, B. K. (2022). Secure speech communication based on the combination of chaotic oscillator and logistic map. *Multimedia Tools and Applications*, 81(18), 26061-26079.
- Li, S. Y., & Ge, Z. M. (2011). Generalized synchronization of chaotic systems with different orders by fuzzy logic constant controller. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2302-2310.



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

Pecora, L. M., & Carroll, T. L. (2015). Synchronization of chaotic systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 25(9).

Panda, M. & Das, B. (2019). Grey Wolf Optimizer and Its Applications: A Survey. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 179-194. doi: 10.1007/978-981-13-7091-5_17.



Eeg Sinyallerinin Ayrık Dalgacık Yöntemi Kullanılarak Ayrıştırılması

Şahin YILDIZ¹

M.Bahaddin KURT²

Özet

Bu çalışmada, sağlıklı ve epilepsi hastalığı olan bireyler olarak iki veri seti kümesi Elektroensefalogram (EEG) sinyali altında test edilmiştir. Kümelerden biri epileptik EEG verisi olup diğeri normal sağlıklı EEG verisidir. Her bir küme 100 adet EEG sinyalinden oluşmaktadır. Her bir sinyal 23,6 saniyeden oluşmaktadır. Normal EEG veri kümesinde yer alan sinyaller sağlıklı deneklerden gözler açık durumdayken kaydedilmiştir. Epileptik EEG veri kümesine ait sinyaller ise hasta deneklerden epileptik nöbet esnasında alınan kayıtlardan oluşmaktadır. Deneklerden alınan EEG sinyalleri 173,61 0.53-40 Hz örnekleme frekansına sahip olup bant geçiren filtre uygulanmıştır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD), EEG sinyalinin bileşenlerinin çözünürlük seviyelerinde EEG sinyalini ayrıştırmak için uygulanmıştır. Ayrıştırma seviyelerini sağlıklı ve hasta bireylerdeki değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak D1, D2, D3 ve D5 seviyelerinin ortalamaları ve standart sapma ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri setinin değerleri hasta veri setine göre daha yüksek, D4 seviyesi ise daha düşük çıkmıştır. D1, D2, D3, D4 ve D5 seviyelerinin entropi ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri setinin değerleri hasta veri setine göre daha düşük çıkmıştır. A5 seviyesinin ortalaması ve standart sapma ortalamasında ise sağlıklı veri seti sonuçları daha yüksek çıkmıştır. A5 seviyesinin entropi ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri seti sonuçları daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak sağlıklı veri setinde seviyelerinin hasta seti verilerine göre ortalaması ve standart sapma ortalaması değerleri D4 hariç yüksek, entropi ortalaması değeri ise düşüktür.

Anahtar Kelimeler: Elektroensefalogram (EEG), Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD), Epilepsi

¹Doktora Programı, Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Orcid: 0009-0000-2139-5361

²Profesör, Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Orcid:0000-0001-6983-2081

1. GİRİŞ

EPİLEPSİ, dünya çapında 40 milyondan fazla insanı etkileyen, dünyanın en yaygın nörolojik hastalıklarından biridir. Epilepsinin ayırt edici semptomu olan nöbetler, güçten düşüren geniş bir tıbbi ve sosyal sonuçlar yelpazesine sahip olabilir (Tong, vd., 2009). Antiepileptik ilaçlar milyonlarca hastanın tedavisine yardımcı olmasına rağmen, tüm hastaların kabaca üçte biri farmakolojik müdahaleye yanıt vermiyor. Bu dinamik hastalığın anlaşılması gelişirse; yeni tedavi olanakları ortaya çıkıyor. Nöbetlerin erken başlangıcını tespit edebilen ve hatta bu saatleri meydana gelmeden önce tahmin edebilen algoritmaları içeren cihazların geliştirilmesi büyük bir ilgi alanıdır. Bu tespit süresi, yeni tipte girişimsel tedavilere izin verecektir. Yakın gelecekte, fiziksel belirtiler başlamadan önce bir hastanın nöbeti tespit edilebilir ve durdurulabilir.

Elektroensefalogram (EEG), insanlarda epileptik nöbet aktivitesini tanımlamanın ve analiz etmenin önemli bir yolu olarak kendini kanıtlamıştır. Çoğu durumda, epileptik EEG sinyalinin tanımlanması, sayısı az olan vasıflı profesyoneller tarafından manuel olarak yapılır (Patnaika, vd., 2008). Beyin işlevselliğinin anormal aktivitesinin teşhisi hayati bir konudur. EEG sinyalleri, beynin işlevi hakkında büyük miktarda bilgi içerir. Ancak bu sinyallerin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi sınırlıdır. Uzmanlar tarafından değerlendirilen kesin bir kriter olmadığı için EEG sinyallerinin zaman alanında görsel analizi yetersiz kalabilmektedir. Rutin klinik tanı, EEG sinyallerinin analizine ihtiyaç duyar. Bu nedenle, bazı otomasyon ve bilgisayar tekniklerinin bu amaç için kullanılmıştır.

Ayrık-Daubechies Dalgacık Dönüşümü (ADD-db2), EEG sinyalinin bileşenlerinin çözünürlük seviyelerinde EEG sinyalini ayırtmak için uygulanır. EEG doğası gereği durağan değildir, sinyalin zaman ve frekans bilgisini aynı anda elde etmek için dalgacık dönüşümünü (zaman-frekans bazlı) kullanmak en uygundur. Ayrıca, epileptik sinyalin geçici özelliklerini EEG arka planında doğru bir şekilde yakalamaya ve lokalize etmeye yardımcı olur. EEG dönemleri, dekompozisyonun 5. seviyesine kadar db2 ana dalgacık kullanılarak çeşitli frekans bantlarına ayrıştırıldı.

Bu çalışma aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Sürecin metodolojisi bu yazının 2. Bölümünde sunulmuştur. Ayrıştırılma sonuçları Bölüm 3'te verilmiştir. Sonuçlar Bölüm 4'te verilmektedir.

2.ADD, AYRIK DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ

Sürekli dalgacık dönüşümünde mümkün olan tüm ölçekte dalgacık katsayılarının hesabı gereksiz birçok veri üretilmesine neden olur. Bunun için elde edilen sayısal veriler göz önünde bulundurularak ayrık dalgacık dönüşümü kullanılır.

Eğer ikici ölçekler ve pozisyonlar olarak adlandırılan ikinin kuvveti şeklinde ölçekler ve pozisyonlar seçersek analizler daha etkili ve doğru gerçekleştirilecektir (Misiti, vd., 2002). Ayrık dalgacık dönüşümünde (ADD) s ölçek parametresi ve k dönüşüm parametresinin ayrık değerleri ele alınır.

$$W\Pf(k2-s,2-s) = 2^{-s/2} \int_{(-\infty)}^{(+\infty)} [f(t)]\psi(2st-k)dt \quad 1.$$

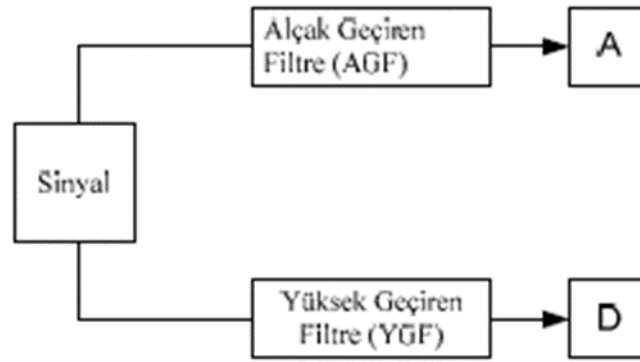
$$Wk,s(t) = 2^{s/2} \psi(2st-k)dt \quad 2.$$

1. ve 2. denklemlerinde ψ , ayrık dalgacık dönüşümü için dalgacık fonksiyonunu belirtir. s ölçek parametresini k ise dönüşüm parametresini ifade eder (Goswami, vd., 1999).

2.1.Filtreleme

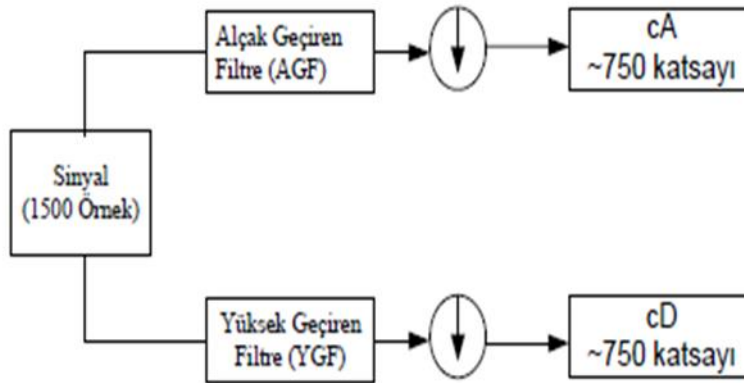
Birçok sinyal için alçak frekans bileşeni sinyal en önemli parçasını oluşturur. Diğer yandan yüksek frekans bileşenleri sinyalin ayrıntısıdır. Örneğin insan sesi için yüksek frekans bileşeni ortadan kaldırılırsa sesin tonu değişikliğe uğrar. Ama alçak frekans bileşeni ortadan kaldırılırsa anlaşılmaz bir ses duyulur (Misiti, vd., 2002).

ADD' de sinyal alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıştırılır. Bu bileşenler yaklaşım ve detay bileşenleri olarak adlandırılır. Yaklaşımlar yüksek ölçeklidir, A ile gösterilir ve sinyalin alçak frekans bileşenleridir. Detaylar düşük ölçeklidir, D ile gösterilir ve sinyalin yüksek frekans bileşenleridir. Orijinal s sinyali 2 filtreden geçer ve 2 sinyal ortaya çıkar (Şekil 1).

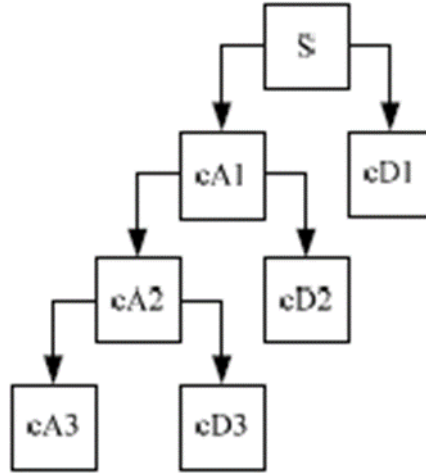


Şekil 1. Bir sinyalin alçak ve yüksek frekans bileşenlerine ayrıştırılması

Bu işlem gerçek zamanlı sayısal bir veriyle gerçekleştirilirse, başlangıçtakinden daha fazla sayıda veriyle işlem sonuçlandırılır. Örneğin S işareti 1500 örnekten oluşsun. Sonuçtaki sinyaller her biri 1500 örnekten oluşan toplam 3000 örnekli bir değer ortaya koymaktadır. Burada, toplam bilgiyi elde etmek için, 3000 örneğin her birinde iki noktanın sadece biri alınarak işlem sürdürülebilir. Bu işlem örnek indirgeme olarak adlandırılır (Şekil 2).



Şekil 2. Örnek indirgeme ve ADD katsayılarının elde edilmesi



Şekil 3. Dalgacık ayrışım ağacı

Buraya kadar yapılan işlemler sinyalin ayrıştırma işlemleridir. Elde edilen değerler kullanılarak sinyal, herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın tekrar geriye elde edilebilir.

$$S = A1 + D1$$

$$S = A2 + D2 + D1$$

$$S = Aa + Dn + Dn-1 + \dots$$

Buradaki n değeri ayrışım seviyesini göstermektedir. N sayıda örnek içeren bir sinyalde $N=2^n$ için, n seviyede ayrışım gerçekleştirilir. Zaman-frekans çözünürlüğü Heisenberg belirsizlik prensibi ile dalgacık analizini sınırlandırır (Bentley, vd., 1994).

$$\Delta t \times \Delta f \geq 1/4\pi$$

3.

Burada Δt zaman domenindeki çözünürlük, Δf frekans domenindeki çözünürlüktür. Denklem, zaman ve frekans domenindeki çözünürlüğün rasgele biçimde küçük yapılamayacağını belirtmektedir. Bir ayrışım işleminde, her bir seviye için frekans aralıkları,

$$f = 2a(f/4N)$$

4.

denklemleriyle hesaplanır. Burada f, her bir seviye için en yüksek frekans sınırını göstermektedir. f_s , örnekleme frekansı, N orijinal sinyaldeki örnek sayısıdır (Misiti, vd., 2002). $f_s=512$ örnek/sn ve $N=1024$ olan bir sinyal için elde edilen sonuçlar tablo1'de görülmektedir.

Tablo 1. Her bir seviye için frekans aralıklarının tespiti

Seviye	Bileşen	Frekans Aralığı(Hz)	Merkez Frekans (Hz)
0	a9	0-0.5	0.25
1	d9	0.5-1.0	0.75
2	d8	1.0-2.0	1.5
3	d7	2.0-4.0	3
4	d6	4.0-8.0	6
5	d5	8.0-16.0	12
6	d4	16.0-32.0	24
7	d3	32.0-64.0	48
8	d2	64.0-128.0	96
9	d1	128.0-256.0	192

Dalgacık dönüşümünde kullanılan yüksek geçiren filtreler dalgacık fonksiyonu, alçak geçiren filtreler ölçekleme fonksiyonu ile ilgilidir (Nguyen, vd., 1996). Orijinal filtre katsayıları kullanılarak $V(t)$ ölçekleme fonksiyonu için genişleme denklemi ve $\psi(t)$ dalgacık fonksiyonu dalgacık denklemi aşağıdaki denklemlerle tanımlanır (Nguyen, vd., 1996).

$$V(t) = 2 \sum_{k=0}^{N-1} h(k) V(2t-k) \quad 5.$$

$$\psi(t) = 2 \sum_{k=0}^{N-1} g(k) V(2t-k) \quad 6.$$

Burada $h(k)$ alçak geçiren filtre katsayıları ve $g(k)$ yüksek geçiren filtre katsayılarıdır. $g(k)$ ve $h(k)$ arasındaki ilişki aşağıdaki denklemde tanımlanır.

$$g(k) = (-1)^k h(N-k) \quad 7.$$

Buradaki N toplam katsayı adedini göstermektedir.

İdealde, bir dalgacık dönüşümünde kullanılan filtreler mükemmel kenarlara sahip olmalıdır ve herhangi bir örtüşme olmamalıdır. Ama pratik olarak bu mümkün değildir. Dalgacık katsayılarının seçimi iyi karakteristiğe sahip iyi bir filtre için önemlidir. Dalgacıklar iyi bir zaman yerleşimi sağlamalarına rağmen geçici sinyallerin tam analizi için yeterli değildir. Bu tip bir analiz için dalgacığın genlik-faz karakteristiği gibi doğal özellikleri, dalgacık bileşenlerinin frekans- bant genişliği karakteristiği, enerji dağılımı, her bir bileşende meydana gelecek enerji sızıntılarının tespiti ve bunların örnekleme oranı ve toplam veri sayısı ile ilişkisi oldukça önemlidir.

ADD, örtüşmesiz bir filtreler dizisiyle gerçekleştirilir. Bu filtre katsayıları elde edilen sonucu direk olarak etkileyecektir. Normalize edilmiş dalgacık ölçekleme fonksiyon katsayıları, alçak geçiren fonksiyon katsayılarına $1/\sqrt{2}$ faktörü ile bağlıdır.

$$c(k) = (1/\sqrt{2})h(k) \quad 8.$$

Benzer şekilde yüksek geçiren filtre katsayısına bağlı olarak dalgacık katsayıları;

$$d(k) = (1/\sqrt{2})g(k) \quad 9.$$

İfade edilir.

Daubechies dalgacığı dalgacık dönüşümleri içerisinde en önemli dalgacık türüdür. Db2 Haar dalgacık dönüşümü olarak adlandırılır. Coiflet, Daubechies dalgacığından türetilmiş özel bir yapıdır (Parameswariah, vd., 2003). Uygulama alanlarındaki artışlar hangi dalgacık dönüşümünün hangi uygulama için daha iyi olabileceği sorusunu beraberinde getirmiştir. Bunun için kesin bir sonuç bulunmamaktadır ve yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlara göre değişkenlik göstermektedir. Ama sismik sinyallerde iyi sonuç vermesi Daubechies dalgacığını ön plana çıkartmaktadır (Parameswariah, vd., 2003),(Daubechies, 1990),(Botella, vd., 2003).

2.2.Daubechies Dalgacık Dönüşümü

Daubechies dalgacığı modern dalgacıkların köşe taşı olarak kabul edilir (Parameswariah, vd., 2003). Bu tezde, yapılan analizlerin hepsi Daubechies dalgacığı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yüzden Daubechies dalgacığının genel özellikleri ve tercih nedenleri bu bölüm içerisinde açıklanacaktır.

Daubechies dalgacık dönüşümü bir sinyali, α katsayılarına bağlı olarak oluşturulan ölçekleme fonksiyonu ve β katsayılarına bağlı olarak oluşturulan dalgacık fonksiyonuna bağlı olarak tanımlar.

$$\alpha_1=(1+\sqrt{3})/(4\sqrt{2}),\alpha_2=(3+\sqrt{3})/(4\sqrt{2}),\alpha_3=(3-\sqrt{3})/(4\sqrt{2}),\alpha_4=(1-\sqrt{3})/(4\sqrt{2}) \quad 10.$$

Ölçekleme fonksiyonu V;

$$V_{11} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, 0, 0, \dots)$$

$$V_{21} = (0, 0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, 0, \dots)$$

$$V_{N/21} = (\alpha_3, \alpha_4, 0, 0, \dots, \alpha_1, \alpha_2) \quad 11.$$

$$V_{m1} = \alpha_1 V_{2m-10} + \alpha_2 V_{2m0} + \alpha_3 V_{2m+10} + \alpha_4 V_{2m+20}$$

$$V_{m2} = \alpha_1 V_{2m-11} + \alpha_2 V_{2m1} + \alpha_3 V_{2m+11} + \alpha_4 V_{2m+21}$$

denklemin tanımları.

Dalgacık fonksiyonu ϕ ;

$$B_1 = \alpha_4, B_2 = \alpha_3, B_3 = \alpha_2, B_4 = \alpha_1$$

$$\Psi_{11} = (B_1, B_2, B_3, B_4, 0, 0, \dots)$$

$$\Psi_{21} = (0, 0, B_1, B_2, B_3, B_4, 0, \dots)$$

$$\Psi_{N/21} = (B_3, B_4, 0, 0, \dots, B_1, B_2) \quad 12.$$

$$\Psi_{m1} = B_1 \Psi_{2m-10} + B_2 \Psi_{2m0} + B_3 \Psi_{2m+10} + B_4 \Psi_{2m+20}$$

$$\Psi_{m2} = B_1 \Psi_{2m-11} + B_1 \Psi_{2m1} + B_1 \Psi_{2m+11} + B_1 \Psi_{2m+21}$$

Denklemleriyle ifade edilir.

A alçak frekanslı sinyal bileşeni ve D yüksek frekanslı sinyal bileşeni olmak üzere s sinyali aşağıdaki denklemlerde hesaplanır.

$$S = A_m + D_m + D_{m-1} + \dots + D_2 + D_1$$

$$A_m = (f V_{1m}) V_{1m} + \dots + (f V_{N/mm}) V_N / 2m \quad 13.$$

$$D_m = (f \Psi_{1m}) \Psi_{1m} + \dots + (f \Psi_{N/mm}) \Psi_N / 2m$$

Daubechies dalgacığı dbN şeklinde tanımlanır. dbN şeklinde tanımlanan dönüşüm 2N ölçekleme katsayısına sahiptir.

Ölçekleme katsayılarının normlarına oranı, alçak geçiren filtre katsayılarını vermektedir. Katsayıların normu,

$$\sqrt{[c(1)]^2 + [c(2)]^2 + [c(3)]^2 + \dots + [c(3)]^2} \quad 14.$$

denklemlerle hesaplanır. Daubechies ölçekleme katsayılarının normu $1/\sqrt{2}$ 'dir ve katsayıların toplamı 1'e eşittir.

Ölçekleme katsayıları c(k) ve ayrışım alçak geçiren filtre katsayıları LoD olmak üzere yeniden yapılandırma alçak geçiren filtre katsayıları LoR aşağıdaki denklemlerle tanımlanır.

$$LoR = c / \text{norm}(c) \quad 15.$$

LoD, LoR vektörünün ters sıralanmış durumudur.

Dalgacık analizinin amacı, sinyalleri çeşitli frekans bantlarına ayırmaktır. ADD kullanan sinyallerin analizi için uygun dalgacık seçimi ve ayrışma seviyelerinin sayısı çok önemlidir. Ayrışma seviyelerinin sayısı, sinyalin baskın frekans bileşenlerine göre seçilir. Seviyeler, sinyalin sınıflandırılması için gerekli frekanslarla iyi korelasyon gösteren kısımları dalgacık katsayılarında tutulacak şekilde seçilir. Bu çalışmada Daubechies 2 (db2), yumuşatma özelliği EEG sinyallerindeki değışiklikleri tespit etmeye uygun olduğu için seçilmiştir. Daubechies dalgacıkları, dalgacık sinyal işleminin temellerini temsil eden en popüler dalgacıklardır ve çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır. Bu dalgacık fonksiyonlarının özellikleri hakkında ayrıntılı bir tartışma referansta bulunabilir (Patnaika, vd., 2008).

Her bir küme 100 adet EEG sinyalinden oluşmaktadır. Her bir sinyal 23,6 sn'den oluşmaktadır. EEG sinyalleri 12 bit analog sayısal dönüştürücü kullanılarak 173,61 Hz örnekleme frekansı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Deneklerden alınan EEG sinyallerine 0.53-40 Hz bant geçiren filtre uygulanmıştır.

3. AYRIŞTIRMA SONUÇLARI

Epileptik nöbetler, epilepsinin belirtileridir. EEG'de epileptiform deşarjların tespiti, epilepsi tanısında önemli bir bileşendir. EEG sinyalleri sabit olmadığından, geleneksel frekans analizi yöntemi tanısal sınıflandırmada çok başarılı değildir. ADD, EEG sinyalinin bileşenlerinin çözünürlük seviyelerinde EEG sinyalini ayrıştırmak ve farklı çözünürlük seviyelerinde EEG sinyalinin özelliklerinin değerlerini çıkarmak için uygulanır (Tablo 2,3 ve 4'te ayrışma seviyeleri).

Tablo 2,3 ve 4'te hasta ve sağlıklı hastaların EEG dönemleri, dekompozisyonun 5. seviyesine kadar db2 ana dalgacık kullanılarak çeşitli frekans bantlarına ayrıştırılmıştır. D1, D2, D3, D4, D5 ve A5 seviyelerinin sırasıyla ortalaması, standart sapmaları ve entropi ortalamaları gösterilmektedir.

Tablo 2. Hasta ve sağlıklı bireylerin ortalama EEG ayrıştırılmaları

Ortalama	Sağlıklı Veri Seti	Hasta Veri Seti
D1	0,109086494	-0,017068054
D2	0,067974741	0,013260318
D3	0,063242025	0,006777332
D4	-0,035531562	-0,015165811
D5	-0,297721907	-0,053149288
A5	2,214654713	0,301018202

Tablo 3. Hasta ve sağlıklı bireylerin STD (standart sapma) EEG ayrıştırılmaları

STD	Sağlıklı Veri Seti	Hasta Veri Seti
D1	317,0331166	41,3950653
D2	264,9522694	38,77137745
D3	153,9871316	19,0920846
D4	203,7714167	22,0206811
D5	220,3151773	19,6213279
A5	447,863432	55,3318786

Tablo 4. Hasta ve sağlıklı bireylerin entropi EEG ayrıştırılmaları

Entropi	Sağlıklı Veri Seti	Hasta Veri Seti
D1	1,655711786	2,212877471
D2	1,348833126	1,74354829
D3	1,13038213	1,386546779
D4	1,071161614	1,38309422
D5	1,057876777	1,455631613
A5	1,03270981	1,149017163

Seviye ortalamaları incelendiğinde tablo2’de gösterilen sağlıklı veri setindeki D1, D2, D3 ve D5 seviyelerinin değerleri hasta veri setinin ortalamalarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Standart sapma ortalaması incelendiğinde tablo 3’te gösterilen sağlıklı veri setindeki D1, D2, D3, D4 ve D5 seviyelerinin değerleri hasta veri setine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Seviyelerin entropi ortalaması incelendiğinde tablo 4’te gösterilen sağlıklı veri setindeki D1, D2, D3, D4 ve D5 seviyelerinin değerleri hasta veri setine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

EEG sinyallerinin ADD analizi sonucunda ortalama, standart sapması ortalaması ve entropi ortalamaları alınmıştır. D1, D2, D3 ve D5 seviyelerinin ortalamaları ve standart sapma ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri setinin değerleri hasta veri setine göre daha yüksek çıkmıştır. D1, D2, D3, D4 ve D5 seviyelerinin entropi ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri setinin değerleri hasta veri setine göre daha düşük çıkmıştır. A5 seviyesinin ortalaması ve standart sapma ortalamasında ise sağlıklı veri seti sonuçları daha yüksek çıkmıştır. A5 seviyesinin entropi ortalamaları incelendiğinde sağlıklı veri seti sonuçları daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak sağlıklı veri setinde seviyelerinin hasta seti verilerine göre ortalaması ve standart sapma ortalaması değerleri D4 hariç yüksek, entropi ortalaması değeri ise düşüktür.



5. KAYNAKÇALAR:

- Bentley P., P. M., Mcdonell J. T. E. (1994). WaveletTransforms: An Introduction, ElectronicsandCommunicationEngineering. *Vol. 6, No.4.*
- Botella F., Herranz J. R., Giner J. J., Molina S., Merino J. J. G.(2003). A real-time EarthquakeDetectorwithPrefilteringbyWavelets. *Computers and Geosciences.*
- Daubechies I., (1990), TheWaveletTransform: Time-FrequencyLocalizationandSignal Analysis. *IEEE Transactions on Information Theory, Vol.36, No.5.*
- Goswami J. C., Chan A. K. (2002). Fundamentals of WaveletsTheory, Algorithmand Applications. John Wiley& Sons, USA.
- Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G., Poggi J. M.(2002).WaveletToolboxforusewith MATLAB. *User's Guide, TheMathworksInc.*
- Nguyen T., Strang G.(1996).WaveletsandFilterBanks. *Wellesley- Cambridge Press, Massachusettes, USA.*
- Parameswariah C.(2003).UnderstandingWavelet Analysis andFiltersforEngineering Applications. *PhD., College of EngineeringandScience, Lousiana Tech University.*
- Patnaika L. M. andManyamb O. K.(2009).Epileptic EEG detectionusingneuralnetworksand post-classification. *Computermethodsandprograms in biomedicine- Elsevier, vol. 91, pp. 100-109.*
- Tong S.andThacor N.V.(2009).Engineering in Medicine&Biology- Quantitative EEG Analysis MethodsandClinical Applications. *Boston/London: Artech House.*

Mammalian Fauna of 'Poyraz Wind Power Plant' Area in Kepsut (Balıkesir)

Pınar ÇAM¹

Abstract

The aim of this study was to determine the mammal species distributed in and around Poyraz Wind Power Plant area in Kepsut district of Balıkesir province. Field studies were carried out in a two-year period between 2014 and 2016. Sherman live animal traps, mist-nets, bat detectors and camera traps were used to determine species. A total of 25 mammal species included in Chiroptera, Carnivora, Rodentia, Cetartiodactyla, Lagomorpha and Eulipotyphla orders were identified in and around Poyraz Wind Power Plant area. Of the bat species distributed in the area, *Myotis capaccinii* (Long-fingered Bat), *Miniopterus schreibersii* (Common Bentwing Bat) and *Rhinolophus mehelyi* (Mehely's Horseshoe Bat) are listed in VU (vulnerable) category and *Rhinolophus euryale* (Mediterranean horseshoe bat) is listed in NT (near threatened) based on the IUCN Red List of Threatened Species. Predatory mammal (Order: Carnivora) *Vormela peregusna* is listed in 'VU' category. Other mammals living in the power plant area are listed in the LC (low risk, widely distributed) category. There are no endemic mammalian species in this area.

Keywords: Mammalian fauna, Wind power plant, Kepsut, Balıkesir

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Sinop Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sinop.
e-mail: pinar82mail@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0714-3536>

INTRODUCTION

Widespread and effective use of renewable energy sources is very important to minimize the negative effects of climate change. As a result of increasing population and energy demand, limited fossil fuel resources and environmental concerns, the trend towards sustainable energy sources has increased rapidly in recent years (Kaya, 2019; Khanlari et al., 2020a, 2020b). Wind energy is an effective solution for making use of renewable sources. Energy generation from wind basically occurs through obtaining mechanical energy from the wind with turbine wings and converting this into electrical energy with generator (Gürbüz et al., 2021). Poyraz Wind Power Plant is constructed in Kepsut District of Balıkesir province and has an installed capacity of 66,9 MW with 34 wind turbines. Poyraz WPP meets the annual electricity need of 61000 people. Poyraz WPP reduces a total of 125 thousand tons of CO₂ a year.

Negative impacts of the development of wind energy facilities include loss or change of habitat resulting from the construction, installation and operation of wind energy facilities (Kuvlesky et al., 2007) and also collisions with turbine wings that cause the direct death of birds and bats (Arnett et al., 2008; Arnett and Baerwald, 2013; Hayes, 2013; Kunz et al., 2007; Orloff and Flannery, 1992; Smallwood, 2013). Considering the energy need of our country, instead of abandoning the use of energy sources due to their possible risks, possible damages to nature and wildlife should be minimized during the construction and operation of wind power plants. During their rotation, wind turbines harm birds and bats most due to the risk of collision. It is very important to identify wild animals, especially bats species, distributed in the areas where wind power plants are constructed to protect the natural habitats of the area and to monitor wildlife. The present study studied the mammal fauna of Poyraz Wind Power Plant area in Kepsut District of Balıkesir province.

METHOD

In this study, a field work covering all seasons was carried out in a two-year long period between January 2014 and December 2016. Live traps were used to detect the small mammal species (Eulipotyphla and Rodentia) distributed in the area. The traps set at the entrances of rodent nests at hours close to darkness were collected the next day when it started to lighten up. Mist nets and bat detectors were used to detect the species included in the order of Chiroptera. Tracks, faeces and food remains were used to detect large mammals in addition to direct observations. Optical devices (camera, binoculars, telescope) and geographical recording devices were used in all field studies. Camera traps were placed in the area to detect mammal species other than small mammals, predatory mammals (Carnivora) and even-toed ungulates (Cetartiodactyla). The captured animals were released back to their habitats after species identification.

RESULTS

Field studies carried out in and around Poyraz Wind Power Plant identified 25 mammals from 6 orders and 12 families. The most represented orders in the terrestrial ecosystems in and around the power plant are the order of Chiroptera including bats and the order of Rodentia including rodents. The families with the highest number of species in the area are Muridae, Mustelidae and Rhinolophidae. Figure 1 shows the ratio of mammal species distributed in and around Poyraz Wind Power Plant according to their orders, while Table 1 shows the percentages of the mammal species in the area. Mammal species in the area were evaluated in terms of IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources)

categories. *Myotis capaccinii* (Long-fingered Bat), *Miniopterus schreibersii* (Common Bentwing Bat) and *Rhinolophus mehelyi* (Mehely's Horseshoe Bat) are listed in VU (vulnerable) category and *Rhinolophus euryale* (Mediterranean horseshoe bat) is listed in NT (near threatened) based on the IUCN Red List of Threatened Species. Predatory mammal (Ordo: Carnivora) *Vormela peregusna* is in 'VU' category. The remaining 20 species are in LC (Least Concern= taxa with wide distribution and high population, low risk) category.

Of the species identified in the area, 32% are within the scope of Annex-II of Bern Convention (BERN Convention = Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats) and are species that should be strictly protected together with their habitats. Of the mammals in the area, 28% are within the scope of Annex-III of Bern Convention and they are protected fauna species.

Table 2 shows the mammal species distributed in and around Poyraz Wind Power Plant in terms of mammal species, orders and families, population trends, IUCN endangerment categories and BERN assessments.

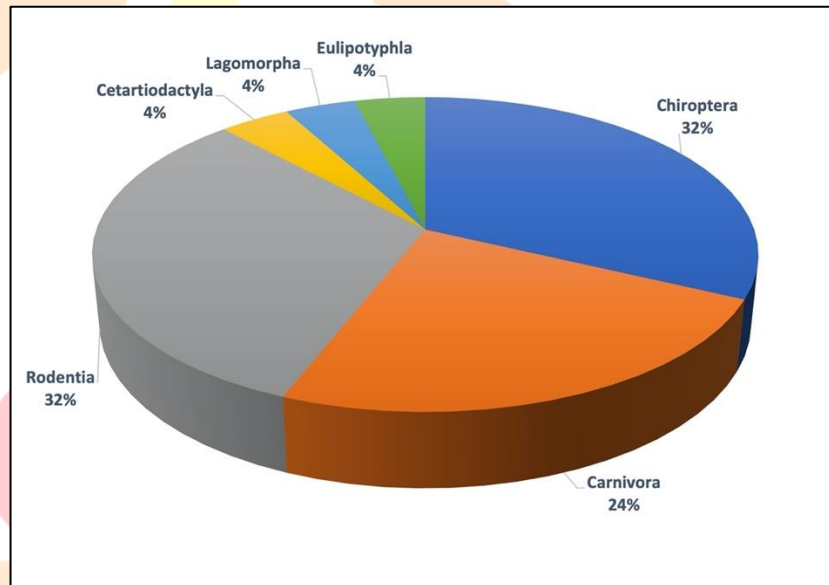


Figure 23. Rates of identified species in terms of their orders

Table 1. Number and percentages of identified species in terms of their families

Family	Number of species	Percentage of species
Canidae	2	8,00%
Cricetidae	2	8,00%
Erinaceidae	1	4,00%
Leporidae	1	4,00%
Miniopteridae	1	4,00%
<u>Muridae</u>	4	16,00%
Mustelidae	4	16,00%
Rhinolophidae	4	16,00%
Sciuridae	1	4,00%
Spalacidae	1	4,00%
Suidae	1	4,00%
<u>Vespertilionidae</u>	3	12,00%
Total	25	100,00%

Table 2. Mammal species identified in the plant area

NO	Order/ Family	Species	English and Turkish name	Population Trend	Conservation Status	
					Bern	IUCN
1	Eulipotyphla/ Erinaceidae	<i>Erinaceus concolor</i>	Southern white-breasted hedgehog/ Kirpi	Unknown	-	LC
2	Chiroptera/ Rhinolophidae	<i>Rhinolophus euryale</i>	Mediterranean horseshoe bat/ Akdeniz nalburunlu yarasası	Decreasing	Ek- II	NT
3	Chiroptera/ Rhinolophidae	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Greater horseshoe bat/ Büyük nalburunlu yarasa	Decreasing	Ek- II	LC
4	Chiroptera/ Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Lesser horseshoe bat/ Küçük nalburunlu yarasa	Decreasing	Ek- II	LC
5	Chiroptera/ Rhinolophidae	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Mehely's horseshoe bat/ Mehely Nalburunlu yarasası	Decreasing	Ek- II	VU
6	Chiroptera/ Vespertilionidae	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Common Pipistrelle/ Cüce yarasa	Stable	Ek- III	LC
7	Chiroptera/Vesp ertilionidae	<i>Myotis capaccinii</i>	Long-fingered bat/ Uzun parmaklı yarasa	Decreasing	Ek- II	VU
8	Chiroptera/ Vespertilionidae	<i>Eptesicus serotinus</i>	Serotine/ Geniş Kanatlı yarasa	Stable	Ek- II	LC
9	Chiroptera/ Miniopteridae	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Schreiber's bent-winged Bat/ Uzun kanatlı yarasa	Decreasing	Ek- II	VU

10	Lagomorpha/ Leporidae	<i>Lepus europaeus</i>	European hare/ Yabani tavşan	Decreasing	Ek- III	LC
11	Rodentia/ Sciuridae	<i>Sciurus anomalus</i>	Caucasian squirrel/ Sincap	Decreasing	Ek- II	LC
12	Rodentia/ Spalacidae	<i>Nannospalax xanthodon</i>	Nehring's blind mole Rat/ Anadolu körfaresi	Unknown	-	DD
13	Rodentia/ Muridae	<i>Apodemus mystacinus</i>	Eastern broad-toothed field mouse/ Kayalık faresi	Stable	-	LC
14	Rodentia/ Cricetidae	<i>Cricetulus migratorius</i>	Grey dwarf hamster/ Cüce avurtlak	Unknown	-	LC
15	Rodentia/ Muridae	<i>Rattus rattus</i>	House rat/ Ev sıçanı	Stable	-	LC
16	Rodentia/ Muridae	<i>Rattus norvegicus</i>	Brown rat/ Göçmen sıçan	Stable	-	LC
17	Rodentia/ Muridae	<i>Mus domesticus</i>	House mouse/ Ev faresi	Stable	-	LC
18	Rodentia/ Cricetidae	<i>Arvicola amphibius</i>	European water vole/ Su sıçanı	Stable	-	LC
19	Carnivora/ Canidae	<i>Vulpes vulpes</i>	Red fox/ Tilki	Stable	-	LC
20	Carnivora/ Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Beech marten/ Kaya sansarı	Stable	Ek- III	LC
21	Carnivora/ Mustelidae	<i>Meles meles</i>	Eurasian badger/ Porsuk	Stable	Ek- III	LC
22	Carnivora/ Mustelidae	<i>Mustela nivalis</i>	Least weasel/ Gelincik	Stable	Ek- III	LC
23	Carnivora/ Mustelidae	<i>Vormela peregusna</i>	Marbled polecat/ Alaca sansar	Decreasing	Ek- III	VU
24	Carnivora/ Canidae	<i>Canis aureus</i>	Golden jackal/ Çakal	Increasing	-	LC
25	Cetartiodactyla/ Suidae	<i>Sus scrofa</i>	Wild boar/ Yaban domuzu	Unknown	Ek- III	LC

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

A total of 25 mammals are distributed in and around Poyraz Wind Power Plant. Considering that 171 mammals are distributed throughout Turkey, the mammal fauna in and around the plant constitutes approximately 15% of the total fauna of Turkey. The plant area is particularly important for 4 critical bat species distributed in the area (*Myotis capaccinii*, *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus mehelyi* and *Rhinolophus euryale*). Population of this bat species shows a decreasing trend. Bats have an important place in the world ecosystem. They decrease the activity of nocturnal insects and predators in agricultural areas. They also contribute to controlling insects that transmit diseases to humans (Reiskind and Wund, 2009).

Due to its different types of ecosystems, Poyraz WPP site is a valuable area for our country. Since light, dust and continuous mobility, activation of construction machines and transport vehicles, which will disrupt the authenticity of the area, will cause wild animals to experience stress, these negative factors should be minimized. Preserving the originality of water sources and wetlands in the immediate vicinity is extremely important. Waste that will disrupt the wetland composition should be prevented from contaminating and mixing with water. Damage to aquatic ecosystems will affect all wild animal populations.



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

In summary, it is possible to acquire natural energy by periodically monitoring the mammals distributed in and around Poyraz Wind Power Plant, following bat deaths and showing high environmental sensitivity.

Acknowledgements: This study is financially supported by the Republic Of Turkey Ministry Of Agriculture And Forestry.



REFERENCES

- Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H., Jain, A., Johnson, G.D., Kerns, J., Koford, R.R., Nicholson, C.P., O'Connell T.J., Piorowski M.D. and Tankersley, R.D. (2008). Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management*, 72: 61-78.
- Arnett, E.B. and Baerwald, E.F. (2013). Impacts of wind energy development on bats: implications for conservation In: Adams, R.A., Pedersen, S.C. (Eds.). *Bat Evolution, Ecology, and Conservation. Springer Science Business Media, New York, NY*, 435-456.
- Gürbüz, E. Y., Altıntaş, A., Sürücü, B., ve Tuncer, A. D. (2021). Rüzgâr türbinlerinin yaban hayatına etkilerinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(3): 953-962.
- Hayes, M.A. (2013). Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *Bioscience*, 63: 975-979.
- Kaya, M., Gürel, A.E., Ağbulut, Ü., Ceylan, I., Çelik, S., Ergün, A. and Acar, B. (2019). Performance analysis of using CuOMethanol nanofluid in a hybrid system with concentrated air collector and vacuum tube heat pipe. *Energy Conversion and Management*, 199: 111936.
- Khanlari, A., Sözen, A., Şirin, C., Tuncer, A.D. and Gungor, A. (2020a). Performance enhancement of a greenhouse dryer: Analysis of a cost-effective alternative solar air heater, *Journal of Cleaner Production*, 251: 119672.
- Khanlari, A., Sözen, A., Afshari, F., Şirin, C., Tuncer, A.D. and Gungor, A. (2020b). Drying municipal sewage sludge with vgroove triple-pass and quadruple-pass solar air heaters along with testing of a solar absorber drying chamber. *Science of The Total Environment*, 709: 136198,
- Kunz, T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson, G.D., Larkin, R.P., Strickland, M.D., Thresher, R.W. and Tuttle, M.D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 315-324.
- Kuvlesky, W.P., Brennan, L.A., Morrison, M.L., Boydston, K.K., Ballard, B.M., Bryant, F.C. (2007). Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. *European Journal of Wildlife Research*, 71: 2487- 2498.
- Orloff, S. and Flannery, A. (1992). Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource areas: 1989-1991. *A report prepared for the California Energy Commission*, 1-199.
- Reiskind, M.H. and Wund, M.A. (2009). Experimental assessment of the impacts of northern long-eared bats on ovipositing *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 46: 1037-1044
- Smallwood, K.S. (2013). Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. *Wildlife Society Bulletin.*, 37: 19-33.
- Bentley P., P. M., Mcdonell J. T. E. (1994). *WaveletTransforms: An Introduction, ElectronicsandCommunicationEngineering.Vol. 6, No.4.*
- Botella F., Herranz J. R., Giner J. J., Molina S., Merino J. J. G.(2003). A real-time EarthquakeDetectorwithPrefilteringbyWavelets.*Computers and Geosciences.*
- Daubechies I., (1990), *TheWaveletTransform: Time-FrequencyLocalizationandSignal Analysis.IEEE Transactions on Information Theory, Vol.36, No.5.*
- Goswami J. C., Chan A. K. (2002). *Fundamentals of WaveletsTheory, Algorithmand Applications.* John Wiley& Sons, USA.
- Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G., Poggi J. M.(2002).*WaveletToolboxforusewith MATLAB.User's Guide, TheMathworksInc.*



**3rdInternational
Congress on Multidisciplinary Natural Sciences**

ISBN: 978-625-6488-58-8

Nguyen T., Strang G.(1996).WaveletsandFilterBanks.Wellesley- Cambridge Press, Massachusetts, USA.

Parameswariah C.(2003).UnderstandingWavelet Analysis andFiltersforEngineering Applications.PHD., College of EngineeringandScience, Lousiana Tech University.

Patnaika L. M. andManyamb O. K.(2009).Epileptic EEG detectionusingneuralnetworksand post-classification.Computermethodsandprograms in biomedicine- Elsevier, vol. 91, pp. 100-109.

Tong S.andThacor N.V.(2009).Engineering in Medicine&Biology- Quantitative EEG Analysis MethodsandClinical Applications.Boston/London: Artech House.





Adaptive Re-use of Industrial Heritage as a Catalyst for Thriving Public Spaces: The Case of Hasanpaşa Gasworks

Seren ÖZDEMİR¹
Ebru ERBAŞ GÜRLER²

Abstract

Cities have been changing in response to the changing dynamics of people over time. After post-industrialization, these changes have been started to be observed dramatically within the effects of globalization and rapid urbanization. Especially, it has been observed cities that neo-liberal policies have been applied dramatically. This process has been usually linked with the commodification and privatization of urban space as well as the decreasing number of public spaces. İstanbul has become the one of the greatest examples of where public spaces has started to diminish due to adopted policies. Adaptive re-use of abandoned industrial heritage complexes have been a prominent strategy to create public space since they have distinct architectural features to foster place identity, heritage value to support the creation of collective memory, and usually have open spaces within it to foster social engagement. Within this context, adaptive re-use of industrial heritage complexes as public spaces has been more crucial for cities like İstanbul where urban spaces are contested dominantly by the flow of capital. This study aims to evaluate creation of public spaces re-using of industrial heritage complexes in contemporary cities under the influence of neo-liberal policies. Hasanpaşa Gasworks has been selected as a case study in İstanbul since it is the first and only case of re-use of industrial heritage complex as public space and has been operating for a while to be able to conduct research. Under the scope of this research, social dimension, spatial configuration, cultural value, and management approach have been assessed to reveal the quality of new uses. The result of the study reveals the importance of adapting abandoned spaces into a public space considering social, spatial, cultural, and management aspects of the space. Further recommendations will be provided to industrial re-use projects based on results of this study.

Keywords: adaptive reuse, industrial heritage, public space, place-quality attributes, Hasanpaşa Gasworks

¹ Researcher, İstanbul Technical University, Master of Urban Design, ozdemirse21@itu.edu.tr

² Associate Professor, İstanbul Technical University, Landscape Architecture Department, erbaseb@itu.edu.tr



INTRODUCTION

Cities have been changing together with changing dynamics of society since the beginning of the civilization. In contemporary age the changes happen in society making adjustments on urban space too. Climate crisis, rapid urbanization, growing needs of resource are the three biggest challenges urban areas facing in 21st century. These challenges make necessary to find comprehensive solutions since cities are dynamic, complex, and interconnected systems. An intervention is made on urban space can create a ripple effect another area of the urban systems. Thus, making a rational decision on urban space these interconnected relationships need to be considered.

Urban space has undergone drastic changes due to globalization and rapid urbanization after the post-industrialization period. The pressure and reflection of neo-liberal policies emerged in the urban space. In the 1960s and later, within the effect of globalization urban space underwent a shift in emphasis away from large-scale clearance, unilateral taking of private property and urban displacement. Within the effects of globalization and neoliberalism urban space has become an area for continuous reshaping of the built environment to create more efficient area for profit making (Gotham, 2001). Cities such as İstanbul where these policies excessively implemented have experienced a deep flow of global capital searching for places in urban spaces. This has resulted in the commodification and privatization of urban spaces. Urban space has been commodified under neo-liberal policies in cities such as İstanbul. Commodification of urban space caused the emergence of privately owned public spaces and decreasing number of public spaces.

Since cities are just like living organisms as they grow and change over the course of time in a dynamic and complex manner, adaptation to changes is a crucial point to survive against the challenges. Adaptive re-use refers to these survival capacities within the urban context. Rather than embracing constancy, adaptation can be one of the tools to overcome challenges considering the dynamic and complex nature of cities. The term 'adaptive re-use' can be described as assigning a new function of a building which has already obsolete, disused, or vacant (Burton 2014). By implementing adaptive re-use of buildings, a lifespan of the buildings can be extended by giving a new function of buildings or complexes. Adaptive re-use of building can prevent depletion of sources since it does not require demolish and built approach. Adaptive reuse can convert obsolete, disused buildings into accessible, vital, and usable spaces while adding a benefit of regenerating an area in a sustainable manner (Bullen & Love, 2011). Through de-industrialization, industrial sites have become one of the areas turned into vacant, obsolete areas in most of the cities. Thus, obsolete industrial complexes present a great opportunity for renovating them through adaptive reuse strategy and eventually bring them back to the cities for use. Most of the cases in İstanbul, industrial areas have been reused as privately owned public spaces or public-private partnerships.

Adaptive re-use of industrial heritage presents a unique opportunity in terms of thriving spaces in urban areas. However, the capability of this opportunity depends on design strategies and management approaches have been acknowledged through the re-use process. Since cities are complex chains of relationships incorporating dimensions such as social, physical, cultural, economic, and political, interventions made on urban space can be a challenging duty. Besides, incorporating the effect of complexity of constant change on human dynamics effect on urban space, decisions on urban space can be even more challenging.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

The primary aim of the study is to evaluate space through adaptive re-use of industrial heritage. This thesis focuses on spatial dimension, social dimension, heritage protection dimensions of adaptive re-use of industrial heritage. By focusing on these heritage sites' capability of the transform underutilized spaces into vibrant, thriving, and inclusive urban spaces while protecting their heritage value has been examined as well as exploring dimensions affecting success and use of adaptively reused industrial complexes in terms of creating thriving, vibrant, inclusive urban spaces. Assessing the use of space adaptively reused industrial heritage complexes in terms of public space quality parameter strategies. The study will explore various aspects, including public space quality parameters and heritage protection adaptive reuse of industrial to heritage provide a holistic understanding of the potential benefits and challenges associated with adaptive re-use in industrial complexes.

METHODOLOGY

This study applies epistemological approach regarding on occupancy of industrial heritage area after re-use. To be able to conduct assessment, social, spatial, heritage value aspects of place that human establish with relationship in terms of these manners has been reviewed on literature. A literature review was made on provide a general theoretical framework to evaluate adaptive re-use of industrial heritage. Heritage value and place quality attributes has been the space regarding on adaptive re-use of industrial heritage in terms of design strategies and heritage protection aspects.

Deindustrialization of Cities

Cities have always facilitated population growth and economic agglomeration, relying on the advantages of density, proximity, and connectivity (Burdett, 2022). The density, proximity and connectivity exist in nature of cities, creates a complex and dynamic structure. Since cities are interconnected to multiple dynamic and static systems at various levels both directly and indirectly, intricate changes can easily affect their whole structure of the cities. (Aytac et al., 2016)

Within the second half of the 20th century, industrialization trend has started to decrease significantly, and de-industrialization process has begun. (Keskin, 2005). The de-industrialization of cities brought about major structural change, which has already significantly changed by the industrial revolution starting from 1800s. These changes were observed during observed in cities caused by the change of global economy and transition of energy from industry to technology (Oures et. al, 2008)

The adoption of technological advancements in production patterns, globalization, and changing economic approaches have resulted in the need for changes in city structures as well.

As de-industrialization refers to changes economic pathway was shifted from manufacturing to service-based knowledge economy (Bell, 1976), requirements for service-based knowledge economy required a different spatial configuration in cities rather than industrial cities. Widespread decrease of industrialization has been observed most of the cities which industrial production has been took place. There are many of subsequent results of de-industrialization observed in industrial cities. Within the changing economic dynamics, socio-spatial structure of the cities had been affected. One of the pivotal results of de-industrialization is the abandonment of industrial complexes since there is no need these structures anymore.

Occupancy of Industrial Complexes after De-Industrialisation



Industrial complexes were the crucial component of industrial era since the whole production patterns associated with these complexes. Since cities are exposed to constant changes throughout the human history, it has been resulted in the shift of land uses and urban fabric because of changing needs on urban space. Within changing dynamics of cities after de-industrialization, industrial complexes and their nearby environment have been turned into obsolete, neglected area. As industrial complexes located epicenters in cities allocated for production no longer to be needed mostly due to changing production patterns due to de-industrialization. Industrial complexes have become functionally obsolete due to industrialization losing its significant importance, resulting in no longer being necessary for the originally built complex (Langston et al., 2008).

These areas have become less attractive when they have become functionally obsolete for cities for a long-time causing struggle by creating gaps in urban fabric since they are not in use anymore. The underused occupation of industrial complexes posed a thread in various aspects these threads even multiplied since they are located mostly the central areas of most of the industrial cities. The gaps emerged within the abandonment of industrial complexes, create unvital, impermeable urban environments which effect social life in its nearby environment. The underutilization of these industrial complexes has created a challenge for designers, planners, and architects in terms of integrating them to urban fabric again. However, considering the issues associated with obsolescence and vacancy such as unvital social life and security issues due to this vacancy have make necessary to integrate industrial complexes into urban fabric.

Heritage Value of Industrial Complexes

The architectural features of the industrial complexes may vary since each industrial production has its own unique production process. As a result, each industrial complex differs from each other and has its own distinct features. The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage (TICCIH) indicates that the vast variety of structures, cities, and landscapes indicates that humans engaged in industrial extraction and production have a historical significance.

In 2003 the International Committee for the Conservation of Industrial Heritage (TICCIH) has been established 'Nizhny Tagil Charter' which was the first at international charter that guides protection and conservation of industrial complexes. As stated in Nizhny Tagil Charter, historical, technological, social, architectural, or scientific significance of the industrial remnants are referred to as heritage value of industrial buildings. The remnants can be classified as buildings and machinery, workshops, mills and factories, mines and sites for processing and refining, warehouses and stores, places where energy is generated, transmitted, and used, transport and all its infrastructure, as well as places used for social activities related to industry such as housing, religious worship, or education (The Nizhny Tagil Charter for The Industrial Heritage, 2003).

The significance of industrial heritage has been stated in New Charter of Athens: Vision for Cities in the 21st century of 2003, developed by the European Council of Town Planners, protection of city identity plays a crucial role in urban development while pointing out the importance and needs to be strengthened in the dynamically developing World. (Fiorani et al., 2017)

Industrial heritage conveys archaeological evidence of past industrial technology and processes, architecture, town planning and social life (Plevoets & Van Cleempoel, 2019),

lifespan of industrial structures and their distinct features might be possible with understanding the importance of its tangible and intangible values that can be both at a local and international level (Keskin, n.d.). While tangible values referred to values architectural and structural characteristics which associated with industrial technology and processes, intangible values associated with the collective memory, social life of workers and communities, and embodied skills through industrial activity. (The Nizhny Tagil Charter for The Industrial Heritage, 2003). These intangible values refer to the accumulated knowledge regarding the industrial past of the area. In terms of public realm, preservation of heritage is crucial since they incorporate cultural, educational, developmental, symbolic, and identity-related benefits (Lah, 2019). By acknowledging industrial complexes' heritage value, attempts can be made to extend their lifespan to preserve their unique character of industrial complexes.

Transformative Approaches

To embrace the post-industrial sites' potential as the grounds of environmental and social transformation, an involved, adaptable, and revelatory approach is required since each site has its own characteristics (McLean, 2019). However, since industrial activities and processes are exposed to constant change and development, throughout the history industrial sites often undergo continual change and adaptation. Unlike office or residential, industrial complexes are not easy to keep using custom-built industrial places for their original purpose. In that manner adaptive re-use particularly important to upkeep industrial buildings (Heritage Council of Victoria, 2013)

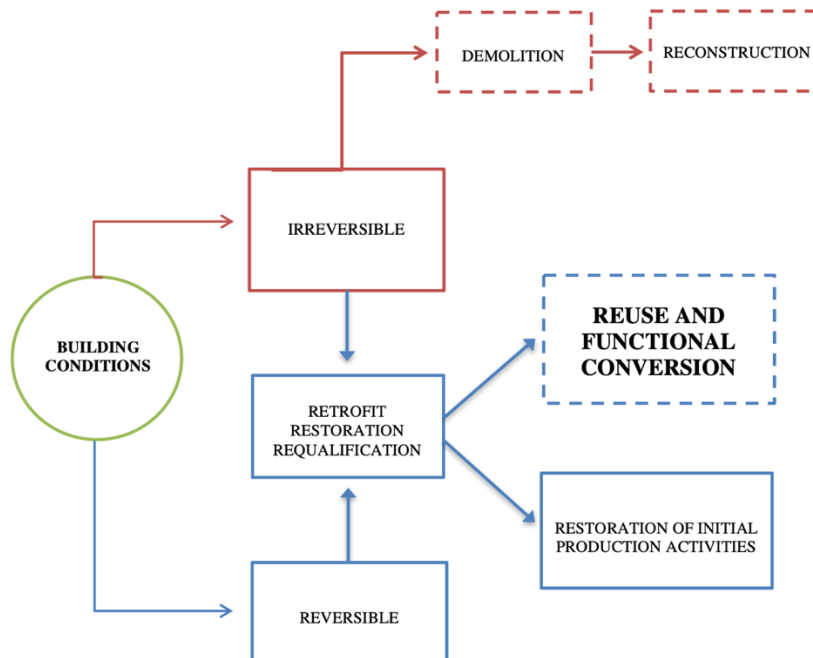


Figure 24: Transformative approaches to industrial complexes (Bianchi, Turturiello, 2016).



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

The adaptive reuse of a building results in more than just its survival. Understanding the heritage site, building, or precinct necessitates a sophisticated understanding. Other considerations include the residues of activities and processes, the spatial structures and configurations, the link between the site and its location, and significant views to, from, and within the site. While repurposing industrial legacy, a proposed use should aim to preserve evidence of technologies, material and people flows, and work processes.

Adaptive Re-use of Industrial Heritage for Thriving Public Spaces

Adaptability refers the capability of a building to change towards built environment to respond and fit the evolving demands of its users and environment while maximizing value through its lifecycle (Schmidt, 2009). The term 'adaptability' refers to corresponding the needs for the users or the environment has been undergone transform while maximizing the value of a building. Buildings protect that kind of flexibility can be seen as places that protect the real life-cycle values and efficient places (Bianchi, Turturiello, 2016). By this way, adaptive re-use can be one of the strategies to mitigate the source depletion while creating places that corresponds current needs. The emergence of adaptive reuse has been rooted 1960's and 1970's within the growing concern regarding on environment it has been discussed among architects, planners, and designers (Cantell, 2005). In addition to improving the spatial and technical characteristics of a building, adaptive re-use considers the user's needs. Spatial and technical features of a particular building can be enhanced in accordance with users' need through adaptive re-use. To overcome obsolescence and redundancy in buildings adaptive re-use become a prominent strategy while ensuring the long-term future of buildings threatened by dilapidation, vacancy, and eventual demolition (Douglas, 2006). However adaptive reuse is a special form of refurbishment that poses quite difficult challenges for designers. (Langston et al., 2008) Finding a matching need for new use to assign the building can be challenging part since it requires source, a holistic management approach, participation, and collaboration of various stakeholders.

Adaptive reuse of heritage buildings can provide new social dynamics within their surroundings and facilitate the regeneration of urban areas. Moreover, by involving citizens in the process, their sense of attachment to and pride in their living environment is enhanced. Adaptive reuse of heritage buildings, if conducted properly, can contribute to well-being, amenity, safety, and equity in societies (Arfa et al., 2022).

The Notion of Public Space and Placemaking

Public spaces have variety of distinct roles in urban context encompassing symbolic, aesthetic, political, social, ecological, psychological, and physical components which makes public spaces essential component of urban systems (Akkar Ercan, 2007). Urban systems have composed of private and public spaces, public spaces are the performing areas where people can interact each other, socialize irrespective by their backgrounds. By welcoming all, they bring together diverse groups of people, regardless of their class, ethnic origin, gender, or age, making them able to interact. (Madanipour, 1999). Due to their feature as a catalyst for social interaction, public spaces are essential components for social cohesion in cities.

Within the prior economic concerns, the importance of public space has lost interest. As a result of changing economic dynamics, the public space has been evolved accordingly within these



changes. The adoption of neoliberal economy has resulted in the development of various types of public spaces that are questionable due to their economic motivations. Public spaces characterized with the post-industrial cities called as ‘pseudo public spaces’, ‘quasi-public spaces.’ These spaces are distinguished by the strong emphasis on their roles in economic, symbolic, and aesthetic associated with ‘privatization’, ‘commodification’ and ‘commercialization’. (Loukaitou-Sideris, 1988)

Quality Parameters regarding Contemporary Public Space

The capability of public spaces’ effect mental well-being of humans, foster social interaction and ensure social coherency public spaces have been associated with various parameters by the theorists and scholars. The quality of space has associated with various dimensions due to its dynamic and socially bounded nature (Rapoport 1970).

The groundbreaking studies of Jacobs (1961) and Whyte (1980, 1988) served as the foundation for the ideas of place-making in the 1960s. Table 1 illustrates the scholars who have been developed idea regarding on place quality attributes with respective indicators.

Table 1: Quality parameters have been developed by researchers regarding on contemporary public spaces.

Space Quality Dimensions	Indicators	Researchers
Physical	Accessible	Lynch, 1984; Gehl, 1987, 2011; PPS,2000,
	The physical pattern that is enable social interactions	Whyte, 1985,2000; Gehl, 2010; PPS, 2000
	Physical comfort	Gehl, 1987, 2011
	Suitable areas for recreation	Whyte, 1985; PPS, 2000; Carr, 1992
Social	Existence of various kind of activities	Whyte, 2000; Gehl, 2010
	Inclusiveness	Gehl, 2010

Heritage Value Preservation

One of the pivotal objectives of any heritage adaptive re-use project is the preservation. Preservation efforts which sustain a site’s value and enable its use for contemporary purposes are an essential component of any heritage adaptation project. (Jokilehto, 1988). The distinct design elements that precisely represent the uniqueness of their original creation are known as authentic features (Alavi, et.al, 2022). Within the framework of adaptive reuse, evaluating the quality of conservation work primarily involves two factors: the first addresses

the extent of alterations made to the original fabric while minimizing losses, and the other addresses the reversibility of contemporary actions like electrical wiring and architectural design (Alavi et. al., 2022).

Table 2: Aspects for industrial heritage protection (Alavi et. al., 2022).

Evaluation Criteria for Protection	Conservation of authenticity and characteristic and observing the principle of minimum intervention
	Possibility of understanding the original function
	Compability of new extensions and furniture with physical characteristics of the building

The adaptive reuse of a building results in more than just its survival. Understanding the heritage site, building, or precinct necessitates a sophisticated understanding. Other considerations include the residues of activities and processes, the spatial structures and configurations, the link between the site and its location, and significant views to, from, and within the site. While repurposing industrial legacy, the new endeavor should aim to preserve evidence of technologies, material and people flows, and work processes.

Evaluation of Adaptive Re-use of Industrial Heritage

Founded in 1892 to meet the energy needs of the Anatolian side, Hasanpaşa Gasworks is an air gas factory where coal is burned to produce gas and the gas produced is used for heating and lighting. In 1993, the factory was liquidated and its function as a factory was terminated and it took its place in the memory of the city as an industrial heritage (URL)

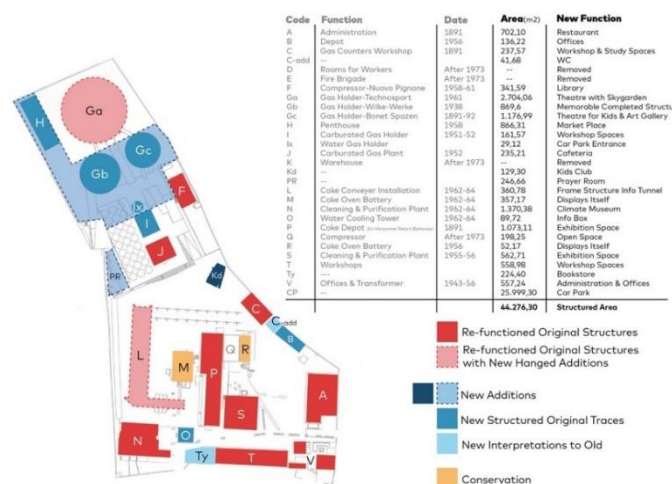


Figure 25: New uses for Hasanpaşa Gasworks (URL2)

In terms of physical place quality attributes Hasanpaşa Gasworks located in Hasanpaşa Neighborhood, Kadıköy district of İstanbul where it is nearby different public transportation

routes. The area is inaccessible to any mode of transport which promotes walkability and interaction through its spatial configuration. In terms of physical comfort, there are various kind of urban furnitures that promotes comfort in the area. Since Hasanpaşa Gasworks was an industrial complex, it has its own open space and it is used for the recreational activities, open-air activities, concerts and leisure.

The social attributes in terms of promoting place-quality in the area are the existence of various kind of activities, and sociability. In terms of existence of various kind of activities Figure 4 illustrates different kinds of uses proposes in Museum Gasworks.

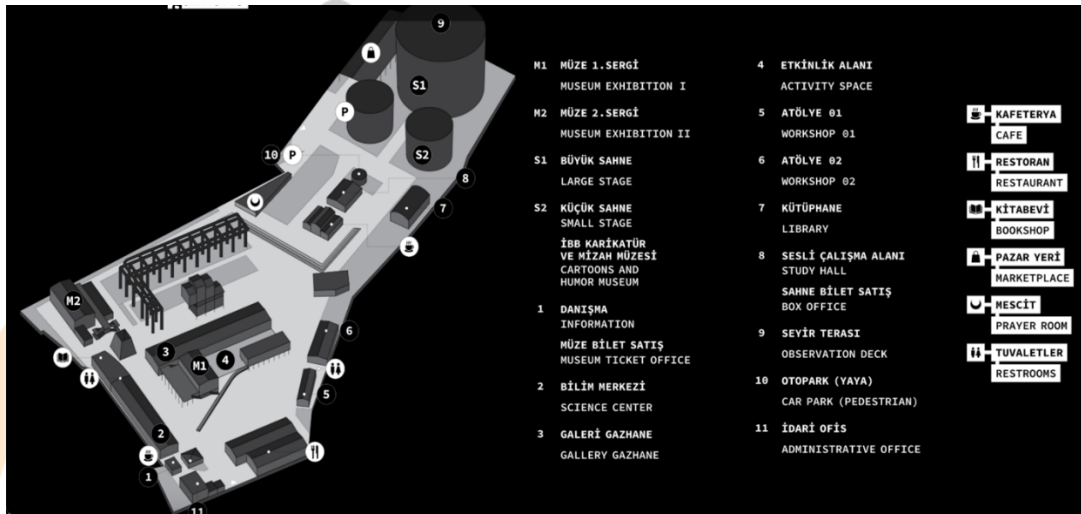


Figure 26 Different uses in Museum Gasworks (Source: <https://muzegazhane.istanbul/ziyaret/>)

In terms of inclusiveness, the area proposes various kind of socio-cultural activities free of charge such as different ateliers, causeries, and concerts. The library, museums, exhibition can be used and visited without any fee. Proposing the activities, the area welcome everybody irrespective from their background. Existence of various kind of uses enable sociability in the area. Availability of workshops, causeries, theatre etc. foster socialability.

In aspect of industrial heritage protection, signboards have been provided in each structure with respect to its use in industrial manner. Figure 5 shows the examples from the area in terms of promotion of awareness regarding the area's industrial past.



Figure 27: Promotion of the information regarding industrial use of the buildings (Source: Authors)

In terms of protection of distinct heritage identity, it was seen that the industrial structures have been protected substantially. The comparison of the site for the before and after adaptive re-use was given in Figure 6.

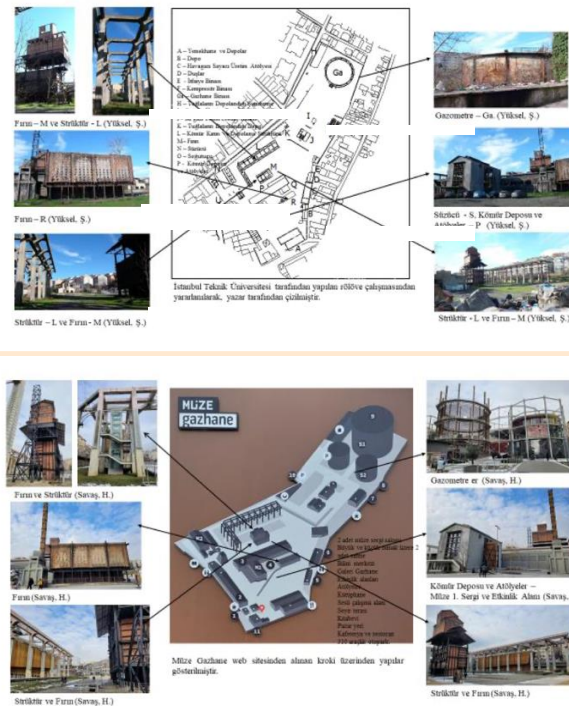


Figure 28: Before and after re-use of the area. (Source: Yüksel, Ş., Savaş H.)

As it can be understood distinct industrial features have been protected significantly. The architectural feature of the buildings such as cooks, structure, coal storage has not been lost their features after re-use process. The gasometers have been renovated in accordance with its original architectural feature since they are demolished due to obsolete.



Conclusion

The evaluation of the area according to the evaluation framework in terms of physical aspect shows that people can access the area by using different public transport routes. Pedestrian priority has been provided for enabling engagement. Thus, it meets the criteria for place quality attributes. Provision of various types of activities without fees promotes inclusivity and sociability as a public space. Thus, the area meets the criteria for place quality attributes in terms of social aspect.

In terms of heritage value protection, it was seen that to promote awareness regarding industrial past of the area, related information has been provided in the area in respect to each industrial building. Renovation of the structures that have been demolished due to obsolescence accomplished by protection of the feature of the original usage. The before-after comparison shows distinct industrial character was protected significantly during reuse process.

As a result of the evaluation of Hasanpaşa Gaswork's adaptive re-use as a Museum Gasworks, it was seen that the area meets the criteria physical, social, and heritage value protection aspect substantially in terms of creating thriving public spaces. In cities like Istanbul, where urban space is largely shaped by economic policies, it is critical that heritage buildings are brought to the city as public spaces, and Museum Gasworks meets the criteria as a result of evaluation in different aspects. Adaptive re-use of the area presents a significant example since the area promotes its users thriving public space experience while protecting the heritage value.

ICOMNAS



REFERENCES

- Akkar Ercan, M. Public Spaces of Post-Industrial Cities and Their Changing Roles. METU JFA 2007, 24, 115–137.
- Alavi, P., Sobouti, H. and Shahbazi, M. (2022), "Adaptive re-use of industrial heritage and its role in achieving local sustainability", *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-09-2021-0118>
- Arfa, F. H., Lubelli, B., Zijlstra, H., & Quist, W. (2022). Criteria of “Effectiveness” and Related Aspects in Adaptive Reuse Projects of Heritage Buildings. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14031251>
- Aytac, D. O., Arslan, T. V., & Durak, S. (2016). ADAPTIVE REUSE AS A STRATEGY TOWARD URBAN RESILIENCE. *European Journal of Sustainable Development*, 5(4). <https://doi.org/10.14207/ejsd.2016.v5n4p523>
- Bell, D. (1976). The coming of the post-industrial society. *Educational Forum*, 40(4), 575–579. <https://doi.org/10.1080/00131727609336501>
- Bianchi A., Turturiello F. (2016) *Adaptive reuse of the industrial heritage: Best practices definition by case studies analysis*. [Unpublished master dissertation], Politecnico di Milano University.
- Bullen, P. A., & Love, P. E. D. (2011). Adaptive reuse of heritage buildings. *Structural Survey*, 29(5), 411–421. <https://doi.org/10.1108/02630801111182439>
- Burdett, R. (2022). *The Future of Cities*. London School of Economics and Political Science. Available online at: <https://www.lse.ac.uk/Research/covid/cities>
- Burton, B. (2014). “Adaptive Reuse of commercial buildings” Building Science Forum, Available at <http://www.monstercommercial.com/adaptive-re-use-of-commercialbuildings/>
- Cantell, S. F. (2005). The Adaptive Reuse of Historic Industrial Buildings: Regulation Barriers, Best Practices and Case Studies.,
- Douglas, J. (2006) *Building Adaptation* 2nd Ed. Butterworth-Heinemann.
- Fiorani, D.; Acierno, M. Conservation process model (CPM): A twofold scientific research scope in the information modelling for cultural heritage. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2017, *XLII-5/W1*, 283–290.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House
- Jokilehto, Jukka (1988) “Conservation principles and their theoretical background”, In: *Durability of building materials*, Volume 5, Numbers 3-4, pp. 267-277.
- Heritage Council of Victoria, 2013, *Adaptive re-use of industrial heritage: Opportunities & Challenges*
- Gotham, K. F. (2001) *Critical perspectives on urban redevelopment*.
- Keskin, C. C. (2005) *Evaluating the Industrial Heritage*.
- Langston, C., Wong, F. K. W., Hui, E. C. M., & Shen, L. Y. (2008). Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong. *Building and Environment*, 43(10), 1709–1718. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.017>,
- Loukaitou-Sideris, A. 2012. “Addressing the Challenges of Urban Landscapes: Normative Goals for Urban Design.” *Journal of Urban Design* 17 (4): 467 –484 (1) (PDF) *Integrative Spatial Quality: A Relational Epistemology of Space and Transdisciplinarity in Urban Design and Planning*.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

- Madanipour, A. (1999). Why are the Design and Development of Public Spaces Significant for Cities? *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(6), 879-891. <https://doi.org/10.1068/b260879>
- McLean, G. (2019). *Transformative Ground: A Field Guide to the Post-Industrial Landscape*. (1st ed.) Routledge. Advance online publication. <https://doi.org/10.4324/9781315142944>
- Oures, L.L., Heuer, T., Horta, D.I., Santos, R., & Silva, S. (2008). Multifunctional clusters in Post-industrial Landscapes: rising from what's left.
- Plevoets, Bie, and K. Van Cleempoel. 2019. *Adaptive reuse of the built heritage – Concepts and cases of an emerging discipline*. London: Routledge.
- Rapoport, A. 1970. "The Study of Spatial Quality." *Journal of Aesthetic Education* 4 (4): 81–95
- Schmidt III, R., Eguchi, T., Austin, S., and Gibb, A. (5-9 October 2009). *Adaptable Futures: A 21st Century Challenge*. Paper presented at the Changing Roles - New Roles, New Challenges, Noordwijk AAN ZEE, The Netherlands.
- TICCIH (2003). *Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage*.
- Whyte, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces*. Washington DC: The Conservation Foundation.
- Weblinks
<https://www.archdaily.com/973448/hasanpasa-gasworks-park-and-museum-complex-ds-architecture>
<https://www.arkiv.com.tr/proje/muze-gazhane---muze-ve-kutuphane-binalari-yeniden-islevlendirme-ve-ic-mekan-tasarimlari/12193>

ICOMNAS



Yeşil Bağlantılar: Ekolojik Koridorların Yaban Hayvanları için Önemi

Pınar ÇAM¹

Özet

Ekolojik koridorlar, parçalanmış peyzajlardaki uygun habitat adaları arasında organizmaların hareketini sağlayan peyzaj yapıları olarak tanımlanmaktadır. Hayvanlar tarafından günlük ya da mevsimsel hareketlerde (göç, yayılma vb.) kullanılan koridorlar aynı zamanda peyzajdaki diğer ekolojik fonksiyonlara da katkıda bulunmaktadır. Yaban hayatı koruma çabaları büyük ölçüde korunan alanlardan oluşan ağların kurulmasına odaklanmıştır. Yaban hayatı popülasyonları sağlıklı ve bağlantılı ekosistemlere ihtiyaç duymaktadır. Türlerin dünya çapındaki azalışının birincil nedeni olarak habitat parçalanmaları işaret edilmektedir. Düşük genetik varyasyon (heterozigotluğun düşüşü) önemli bir endişe kaynağı olarak gösterilmektedir. Heterozigotluğun kritik bir belirleyicisi, mekansal olarak ayrılmış popülasyonlar arasındaki gen akışının miktarıdır. Nesli tükenmekte olan yaban hayatı türleri için temel habitatların ve ekolojik koridorların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özetle, yaban hayatı koridorları, habitat kaybının telafisi olarak önerilmese de, dikkatli bir planlama ve tasarımla, parçalanmış habitatlar arasında bireylerin dağılmasına izin vererek, habitat parçalanmasının olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik koridor, yaban hayatı, habitat parçalanması, habitat kaybı

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Sinop Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sinop.
e-mail: pinar82mail@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0714-3536>



GİRİŞ

İnsan etkisi olmaksızın, doğada hüküm süren omurgalı hayvanlar ve bu hayvanların birbiriyle ilişkisinin tümü “yaban hayatı” terimine karşılık gelmektedir. Yaban hayatında doğal hayvan popülasyonlarının dinamiği etkindir. Bu dinamiğin antropojenik etki dediğimiz insan etkisiyle ya da doğal yollarla bozulması birçok ekolojik probleme neden olacaktır. Habitatların parçalanması ve bozulması, buna bağlı olarak habitat terki, mecburi hayvan göçleri, biyoçeşitliliğin düşüşü bu problemler arasındadır.

Günümüzde doğayı korumaya ve özellikle biyolojik çeşitliliğe yönelik başlıca tehditler habitat kaybı ve parçalanmasıdır (Bennett, 1999; Henle vd., 2004; Đurđić, 2010). Habitat parçalanması, sürekli bir habitatın habitat yamalarına, yani boyut ve konfigürasyon açısından farklılık gösteren parçalara dönüşmesidir (Fahrig, 2003). Bu süreçteki ilk aşama, habitat boyutunun küçülmesi olan habitat kaybıdır. Bu genellikle habitatın parçalara ayrılmasıyla, yani nihai parçalanma süreciyle sonuçlanır. Bunun sonucunda habitat, çevresindeki matris içinde parçalardan (yamalardan) oluşan bir mozaik haline gelir. Matris, habitat parçalarını çevreleyen tüm fiziksel ve biyotik boyutlarında farklı olan çeşitli komünite türlerini temsil eder (Hilty vd., 2006). Habitat kaybı ve parçalanması hem doğal hem de antropojenik süreçlerden kaynaklanabilmektedir.

Yaban hayatı koruma çabaları büyük ölçüde korunan alanlardan oluşan ağların kurulmasına odaklanmıştır (Naughton-Treves vd., 2005). Bununla birlikte, mevcut koruma alanlarının çoğu küçük boyuttadır ve başta büyük memeliler olmak üzere birçok yerli türün yaşayabilir popülasyonlarını desteklememektedir (Opdam vd., 2006). Yaban hayatı popülasyonlarının yaşayabilirliği, temel popülasyon alanlarının ve bunlar arasındaki dağılım bağlantılarının korunmasına bağlıdır (Cushman, 2006; Keyghobadi, 2007). Habitat bağlantıları metapopülasyonları demografik stokastiklikten korur ve aynı soydan hayvanların çiftleşmesi depresyonunu önler (Packer vd., 1991). Doğal alanların korunmasına yönelik mali kaynakların çok sınırlı olması ve hızla artan insan nüfusu ve ekonomilerin Asya'da arazi kullanımı üzerinde giderek artan bir baskı oluşturması nedeniyle, nesli tükenmekte olan yaban hayatı için temel habitatların ve ekolojik koridorların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ekolojik koridorların oluşturulması, türlerin yayılışı, hareketi veya genetik farklılaşmasına ilişkin kapsamlı deneysel verilere dayanmalıdır (Rudnick vd., 2012; Cushman vd., 2018).

Habitat parçalanması birçok yaban hayatı popülasyonu için ana tehdit olarak kabul edilmektedir (Soulé, 1986; Lande, 1988; Robinson vd., 1995; Leach ve Givnish, 1996). Habitat parçalanmanın neden olduğu çeşitli olgular arasında, bireysel organizmalar düzeyinde düşük genetik varyasyon (yani heterozigotluğun azalması) önemli bir endişe kaynağı olmuştur (Soulé ve Simberloff, 1986; Boyce, 1992; Caughley, 1994; Frankham, 1995; Young vd., 1996). Heterozigotluğun kritik bir belirleyicisi, mekansal olarak ayrılmış popülasyonlar arasındaki gen akışının miktarıdır (Hansson ve ark. 1995). Parçalanmış hayvan popülasyonlarındaki gen akışı, bir bireyin doğduğu alandan göç ettiği, farklı bölgelere dağıldığı ve nihayetinde başka bir alana kalıcı olarak yerleştiği süreci ifade eder (Ims ve Yoccoz, 1997). Gamet dağılımı, bireyin ana bölgeye veya topluluğa döndüğü kısa süreli çiftleşme gezilerinden kaynaklanır (Waser ve Elliot, 1991; Koenig vd., 1996). Bireylerin hareketliliğinin kısıtlanması genellikle habitat parçalanmasının en doğrudan sonucu olduğundan (Ims, 1995), gen akışı izolasyona neden olacak kadar etkilenebilir ve bu nedenle heterozigotluk seviyelerinde azalmaya neden olabilir.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

Yirmi yılı aşkın bir süredir ekologlar, habitat koridorlarının (yani, izole edilmiş habitat parçalarını birbirine bağlayan dar habitat şeritlerinin) parçalanmış alanlarda bireylerin ve genlerin aktarımını artırabileceğini savunmaktadır (Fahrig ve Merriam, 1985; Forman ve Godron, 1986; Saunders ve Hobbs, 1991; Hobbs, 1992; Dawson, 1994; Forman, 1995). Habitat koridorları dünya çapında pahalı bir koruma stratejisi olarak uygulanmaktadır (Mann ve Plummer, 1993). Bununla birlikte, koridorlar aracılığıyla gerçekleşen başarılı transferlerin öngörülen artışına ilişkin deneysel kanıtlar yetersizdir (Noss, 1987; Simberloff ve Cox, 1987; Simberloff vd., 1992; Mann ve Plummer, 1993). Özellikle de koridorların, parçalanmış popülasyonlarda yüksek heterozigotluk seviyelerini koruyacak şekilde gruplar arası melezleşmeyi artırıp artırmadığı hiçbir çalışmada deneysel olarak test edilmemiştir. Deneysel çalışmaların azlığı ekologlar arasında tartışmalara yol açmış (Hobbs, 1992) ve deneye dayanan çalışmaların acil ihtiyaç olduğu kabul edilmiştir (Dawson, 1994; Mann ve Plummer, 1995). Ekolojik koridorların doğayı korumadaki anlam ve önemi iki ana ekolojik ve biyocoğrafik teori ile anlaşılmaktadır. Bu teoriler, 1967 yılında Robert A. Mac Arthur ve Edward O. Wilson tarafından geliştirilen “Ada Biyocoğrafyası Teorisi” ve 1970 yılında R. Levins tarafından kurulan “Metapopülasyon Teorisi” dir. Adalar biyocoğrafya üzerinde her zaman büyük bir etkiye sahip olmuştur. Bunun bir çok nedeni vardır: adalar ve göller, dağ tepeleri ve mağaralar gibi diğer insular habitatlar doğal deneyler için ideal alanlardır. Bu habitatlar, nispeten basit, tanımlanmış, çok sayıda ve izole oldukları için (Brown ve Lomolino, 1998) gerçek doğal laboratuvar ortamı sunarlar.

Ada Biyocoğrafyası Teorisi: Teoriye göre, izole (mekansal ve işlevsel) alanların biyocoğrafyasında iki genel eğilimden bahsetmek mümkündür. Bunlar, tür sayısının ada alanıyla birlikte artması ve ada izolasyonu ile birlikte azalması eğilimleridir. Bu teori ile dinamik denge kavramı geliştirilmiştir; karşıt güçler sürekli değişimlere veya dönüşümlere uğradıkça, sistemin bir takım özelliklerinde sürekliliği korunur (Brown and Lomolino, 1998). Bu teinin dağ tepeleri, göller, mağaralar veya korunan alanlar gibi çeşitli yalıtılmış habitatlar üzerinde de genişletilmesiyle, ekolojik koridorlar aracılığıyla mesafe etkisinin azaltılması daha gerçekçi hale gelmiştir. Mesafe etkisi izolasyon etkisine eşittir ve ada habitatları için izolasyon etkisi, türlerin göçlerini kolaylaştırabilecek uygun bir habitat koridoru oluşturularak en aza indirilebilir. Koridorların kullanımı türlere ve ekolojik koşullara bağlıdır.

Metapopülasyon Teorisi: Metapopülasyon terimi Levins tarafından tarım alanlarındaki böcek zararlılarının popülasyon dinamiklerine ilişkin bir modeli tanımlamak için türetilmiştir. Fakat bu teori esas olarak parçalanmış habitatlardaki türlere atıfta bulunmaktadır. Metapopülasyon teorisi (Levins, 1970; Hanski, 1994), etkileşim halinde olan tür popülasyonlarının hayatta kalmasını sağlamak için doldurulması gereken adalar veya parçalar arasındaki ilişkiyi değerlendirmeye çalışır.

Metapopülasyon, birbirleriyle etkileşim halinde olan bir dizi yerel popülasyondur. Aynı zamanda, yerel neslin tükenmesi ve mevcut boş arazilerin uygun habitat parçalarıyla kolonileştirilmesi arasında stokastik bir denge içinde olan dinamik bir yerel popülasyon grubudur. İnsan faaliyetleri ve doğal afetler, doğada metapopülasyon olgusunun artmasının başlıca nedenleridir. Biyocoğrafyacılar göre, koridorlar, ana dağılım yollarından biridir. Biyotik değişim üzerindeki etkilerine göre dört temel dağılım rotası türü vardır (Brown ve Lomolino, 1998): I) Koridorlar (taksonların bir bölgeden diğerine hareketini sağlayan dağılım yolları (Simpson, 1940; Udvardy, 1969; Brown ve Lomolino, 1998)), II) Filtreler (bariyer koşullarını tolere edebilenlerin serbestçe göç etmesine izin verirken belirli formların geçişini seçici olarak engelleyen dağılım rotaları), III) Çekiliş rotaları (büyük bir bariyer boyunca bir



bölgeden diğerine şans eseri dağılım) ve iv) Diğer dağılım rotaları (bir kara kütleinin deniz tabanı yayılmasıyla bir yerden başka bir yere kaymasıyla oluşabilir).

Ekolojik Koridor Tanımları

Zaman içinde koridorlar için çok sayıda tanım önerilmiştir. Bazı yazarlar koridorları, biyotanın bölgeler arasında hızlı ve seçici olmayan bir şekilde yayılmasını sağlayan güzergahlar olarak tanımlamıştır (Perault ve Lomolino, 2000). Başka bir tanıma göre ise koridorlar "geniş kapsamlı hayvanların seyahat edebildiği, bitkilerin yayılabildiği, genetik değişimin gerçekleşebildiği, popülasyonların çevresel değişikliklere ve doğal afetlere tepki olarak hareket edebildiği ve tehdit altındaki türlerin diğer alanlardan yenilenebildiği yollardır" (Walker ve Craighead, 1997). Soulé ve Gilpin (1991) koridorları, iki veya daha fazla doğal yaşam alanı parçasını birbirine bağlayan ve hareketi kolaylaştırma işlevi gören doğrusal unsurlar olarak tasvir etmiştir. Hilty vd. (2006) tarafından verilen tanım ise şu şekildedir: "Koridor, organizmaların yaşam alanlarının parçaları arasında hareket etme kabiliyetini geliştiren, genellikle doğrusal şekle sahip herhangi bir alandır".

Birçok Avrupa ülkesi, doğanın korunmasına yönelik farklı hedef ve yaklaşımlara vurgu yaparak kendi koridor tanımlarını geliştirmiştir. Bunu, bu terimin ekolojik koridorlar, habitat koridorları, yaban hayatı koridorları, biyolojik koridorlar vb. gibi bir dizi eşanlamlısı takip etmektedir (Ćurčić ve Đurđić, 2013).

Ekolojik Koridorların Türleri, Önemi ve İşlevleri

Koridorlar farklı mekânsal düzeylerde olabilirler; bir yanda Pleistosen döneminde Bering Boğazı'nda olduğu gibi kıtalararası ölçüğe ulaşabilirken, diğer yanda organizmaların yoğun bitki örtüsü veya karmaşık topografik alanlar üzerinden hareketini artıran küçük ölçekli patikalar şeklinde olabilirler.

USDA Arazi Düzeyinde Koruma Koridoru Planlaması El Kitabı (1999) koridorları büyüklük ve tür açısından ayırmaktadır. Büyüklük açısından, bölgesel, su havzası veya çiftlik büyüklüğünde koridorlar olarak adlandırılırlar. Bölgesel koridorlar, farklı ekosistemlerden oluşan geniş alanları birbirine bağlar. Bu koridorlar yaban hayvanlarının, bitkilerin ve diğer organizmaların ana hareketlerini artırır. Havza koridorları, genellikle kilometrelerce genişliktedir. Bir su havzası içinde yaban hayatının hareketini geliştirirler. Çiftlik koridorları - genellikle- sadece yüzlerce metre genişliğindedir ve yerel yaban hayatının hareketini artırırlar. Koridorlar biyoçeşitliliğin bazı seviyelerine veya tüm seviyelerine odaklanabilir. Koridorlar farklı mekânsal seviyelerde ortaya çıkar. Koridorlar bir tür için bağlantı sağlarken, diğerleri için türlerin farklı operasyonel ölçekleri ve habitat gereksinimleri nedeniyle bir engel olabilir. Populasyondaki bireylerin hayatta kalmasının bir komünitenin bütünlüğünden etkilenebileceği gerçeğinden yola çıkılarak, mümkün olan yerlerde tüm tür grupları (komünite) için planlama yapılmalıdır. Genel olarak, ekolojik koridorlar şu ekolojik hizmetleri sağlayabilir: hareket ve dağılım, genel tür devamlılığı, habitat bağlantısı, genetik değişim, avlanmadan kaçınma ve sağlıklı ekosistem işleyişi. Bazı türlerin mevsimsel ve yıllık göçlerini sürdürebilmeleri için koridorların korunması gerekmektedir. Örneğin, Amerika antilobu (*Antilocapra americana*) Büyük Taton Milli Parkı ile Wyoming'deki Kızıl Çöl arasında altı bin yıldan uzun süredir kullanılan güzergah üzerinden 270 km kadar göç etmektedir (Hilty vd., 2006). Bu güzergahın yok edilmesi, bu türün popülasyon dinamiklerini olumsuz yönde etkileyecektir.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

Bağlantısı olmayan eşdeğer habitat parçalarına kıyasla, koridorlar genel olarak türlerin devamlılığını artırabilir. Bu, normalde ayrı olan popülasyonlar arasında türlerin hareketine yardımcı olarak başarılabilir. Tür göçlerinin artırılmasıyla, koridorlar belirli bir yama içindeki türlerin devamlılığını artırarak küçük popülasyon gruplarını yok olmaktan kurtarabilir. Bu şekilde koridorlar, yerel nesil tükenmesinden sonra bir habitat parçasının yeniden kolonileşmesini sağlar (Beier ve Loe, 1992).

Bağlanabilirliğin artırılmasıyla, yaban hayatı popülasyonları arasında genetik değişimin yanı sıra dağılım da artmakta, böylece tür içi depresyon riskleri azalmaktadır. (Beier ve Loe, 1992; Bennett, 1999; Hilty vd, 2006). Türlerin dağılması, popülasyonlar içindeki genetik değişkenlik seviyelerini artırabilir ve böylece popülasyonlar arasındaki sabit farklılıkları azaltabilir. Düşük düzeyde bir gen akışı bile zararlı genetik özelliklerin popülasyonda sabitlenmesini önleyecektir.

Koridorlar aynı zamanda hayvanların temel habitat dışına çıktığında karşılaşacağı avlanma ya da insan kaynaklı ölümlerden kaçınmasına da yardımcı olabilir. Geniş yayımlı türlerin dağılımını belgeleyen sadece birkaç çalışma vardır, bu nedenle bu konudaki kanıtlar hala eksiktir. Koridorlar sağlıklı işleyen ekosistemlerin korunmasına yardımcı olabilir. Koridorlar yırtıcı hayvanları habitat bölgelerinde tutmaktadır ve dolayısıyla bu bölgelerin kaybı çok sayıda ekosistem sorununa yol açacaktır (Kremen ve Ricketts, 2000). Koridorlar aynı zamanda yeniden bitkilendirme ve bitki türlerinin çeşitliliğinin artırılması için tohum kaynağı olabilir. Dünya çapında koridor projelerinin sayısı bilinmemektedir. 2001 yılında Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN), ekolojik bağlantılılığa vurgu yaparak biyolojik çeşitliliği korumaya, bozulmuş ekosistemleri restore etmeye ve tampon bölgeleri korumaya odaklanan 150'den fazla ekolojik ağ projesi belirlemiştir (Bennett ve Witt, 2001).

Ekolojik koridorlar ve ağlarla ilgili en başarılı projelerden biri, Yellowstone Ulusal Parkı'ndan Yukon Bölgesi'ne kadar uzanan dağlık bölgenin yaban hayatını ve doğal süreçlerini korumayı ve sürdürmeyi amaçlayan, kar amacı gütmeyen ortak bir Kanada-ABD kuruluşu olan "Yellowstone to Yukon Conservation Initiative"dir. Y2Y bölgesinin yaklaşık %10'u bir çeşit koruma alanı statüsündedir ve bu bölge, coğrafik ve biyolojik çeşitliliğe sahip dünyanın birkaç alanından biridir. Yellowstone- Yukon Koruma Stratejisinde öncelikle boz ayıların koruma gereksinimlerine odaklanılmış, ancak ikincil olarak kuşların ve balıkların koruma ihtiyaçları da dikkate alınmıştır. Boz ayıların koruma ihtiyaçları biyolojik çeşitliliğin bir göstergesi olarak kullanılarak, Y2Y bölgesinde habitatları birbirine bağlayan kilit koridorlar olarak işlev gören sekiz öncelikli alan belirlenmiştir (Anonim, n.d.).

Bir orman indikatör türü olan Dumanlı pars (Bulutlu pars) *Neofelis nebulosa*'nın, Güneydoğu Asya'daki yayılış alanı boyunca temel habitat alanlarının ve koridorlarının belirlendiği çalışmada, araştırmacılar, Güneydoğu Asya'daki 42 temel habitat alanı ve bu habitat alanlarını birbirine bağlayan 54 koridor ağını haritalamış ve derecelendirmişlerdir (Kaszta, 2020). Dumanlı pars *Neofelis nebulosa*, Güneydoğu Asya ormanlarının ve faunasının korunması için büyük bir elçilik potansiyeline sahiptir. Bu durum, dumanlı parsı bölgedeki orman ekosistemlerinin korunması için potansiyel bir odak tür haline getirmektedir. Tropikal orman ekosistemlerinin hızla tahrip edilmesi biyolojik çeşitlilik için önemli bir tehdittir (Giam, 2017). Güneydoğu Asya dünya çapında en yüksek ormansızlaşma oranına sahip bölgedir ve bölge 100 yıl içinde orijinal ormanlarının dörtte üçünü ve biyolojik çeşitliliğinin %42'sini kaybetme riski ile yüz yüzedir. Dumanlı pars *Neofelis nebulosa*, Güney ve Güneydoğu Asya'da yayılış göstermektedir ve hızla değişen doğal alanlardan ve artan insan baskısından oldukça etkilenmektedir. Doğrudan yararlanma ve habitat kaybı sebebiyle, 1993-2014 yılları arasında

dumanlı pars birey sayısının %30 azalmasına neden olmuştur (Grassman vd., 2016). Bölgedeki arazi kullanım değişikliğinin hızlanmasıyla bu oranın artması muhtemeldir. Tür, IUCN Tehdit Altındaki Türlerin Kırmızı Listesi'nde 'Hassas tür' kategorisinde (VU) listelenmiştir, ve yakın zamanda *Kritik Tehlike Altındaki Türler için Hindistan Kurtarma Programı*'na eklenmiştir (Ulusal Yaban Hayatı Kurulu, 2018). Diğer kedigiller (Familiya: Felidae) için bir koruma çatısı olma kapasitesi yüksektir.

Belirli bir türün popülasyonunu korumak için gereken bağlantısallık seviyesi, popülasyon büyüklüğü, hayatta kalma ve doğum oranları ve soy içi üreme seviyesi ve genetik faktörler de dahil olmak üzere, popülasyonun demografisine göre değişecektir (Rosenberg vd., 1997). Bu demografik parametreler, bir koridorun etkinliğini belirlemek için önemli temel verilerdir. Buna ek olarak, yaban hayatı koridorlarının etkinliğinin tasarlanması ve takibi için aşağıda açıklanan bir dizi genel ilke vardır (Beier ve Loe, 1992):

1. Basamak: Koridorun bağlamak için tasarlandığı habitat alanlarının belirlenmesi
2. Basamak: Koridorun tasarımı için birkaç hedef tür seçimi
3. Basamak: Her bir hedef türün ihtiyaçlarını değerlendirme
4. Basamak: Her bir potansiyel koridor için, alandaki hareketliliğin, her bir hedef tür tarafından nasıl karşılanacağını değerlendirilmesi
5. Basamak: Koridorun haritada çizimi
6. Basamak: Koridorun ve hedef türlerin takibi

Ekolojik Köprüler

Ekolojik köprüler, yaban hayatının güvenliğini, devamlılığını ve çeşitliliğini sağlamak adına inşa edilen alt ve üst geçitlerdir. Biyolojik çeşitliliğe katkı sağlayan bu geçitler hayvanların otoyollar ile bölünmüş yaşam alanları için önemli hareket noktalarıdır.

İlk örneklerini Fransa'da 1950'li yıllarda gördüğümüz ekolojik köprülerin en uzununu yapımı 2006'da tamamlanan Hollanda'da bulunan, 800 metre uzunluğunda ve 50 metre genişliğindeki Natuurbrug Zanderij Craillou Ekolojik köprüsüdür.

Ülkemizde ilk ekolojik köprü, Kuzey Marmara Otoyolu Projesi ile hayata geçirilen 'Uskumruköy Ekolojik Köprüsü'dür. Köprü bölgede bulunan karaca, domuz, çakal, tilki gibi birçok yaban hayvanlarını yönlendirici ve otoyolun karşısına rahatlıkla geçebilme imkânı sağlamaktadır. Aynı zamanda beslenme, barınma, eş tutma ve üreme gibi problemlerinde önüne geçmektedir. Yeşil alanların tahribatını önleyecek ve trafik kazalarının da azalmasını sağlayan köprü 44 metre uzunluğundadır.

Türkiye'de Kuzey Marmara Otoyolu'nda 1, İstanbul- İzmir Otoyolu'nda 2, Malkara- Çanakkale Otoyolu'nda 1, Tarsus- Pozantı Otoyolu'nda 1, İzmir- Çeşme Otoyolu'nda 2 ve Ankara-Eskişehir hızlı tren hattı üzerinde ise 1 adet olmak üzere, ülkemizde 8 adet "Ekolojik Köprü" bulunmaktadır.

Sonuç

Habitat parçalanması ve kaybı, doğa korumanın ana sorunlarından biridir ve yaban hayatının zenginliği ve çeşitliliği üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Bu sorunu azaltmanın çok sayıda yolu vardır, ancak en etkili olanlardan biri parçalanmış habitat içinde bağlantıyı kolaylaştırmak ve ekolojik koridorlar tasarlamak ve planlamaktır. Koridor genellikle, organizmaların yaşam alanlarının parçaları arasında göç etme kabiliyetini geliştiren doğrusal bir alandır. Birçok koridor türü vardır ve bunlar boyut, morfoloji, amaç vb. açılardan farklılık gösterir. Koridorlar bir tür için yol görevi görebileceği gibi başka bir tür için engel de olabilir. Ekolojik koridorların



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

birçok biyolojik faydası vardır. Ekolojik koridorlar, göçleri kolaylaştırırlar (günlük, mevsimlik, yıllık), genel olarak türlerin devamlılığını, habitatların bağlanabilirliğini ve genetik değişimi sağlarlar; avlanmadan kaçınma ve ekosistemlerin sağlıklı işleyişinde rol oynarlar. Bu yeşil bağlantılar, aynı zamanda kentsel genişlemeyi, toprak kaymasını, erozyonu ve kirliliği de sınırlandırabilirler (Ćurčić ve Đurđić, 2013).

Yaban hayatı koridorlarının etkinliği konusunda daha fazla çalışma yapılması gerekli olmakla birlikte, bazı genel değerlendirme ve tasarım ilkeleri mevcuttur ve uygulanmalıdır. Koridorların hedef yaban hayatı türleri tarafından kullanımının takip edilmesi, uyarlanabilir bir yönetim için koridor planlamasında önemli bir adımdır (Bond, 2003).





3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

KAYNAKLAR

- Anonim (n.d.). Yellowstone to Yukon Conservation Initiative. <<http://y2y.net/>>.
- Beier, P. & Loe, S. (1992). A checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildlife Society Bulletin*, 20, 434-440.
- Bennett, A. F. (1999). Linkages in the Landscape: The role of the corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland: World Conservation Union.
- Bond, M. (2003). Principles of Wildlife Corridor Design. *Center for Biological Diversity*
- Boyce, M. (1992). Population viability analysis. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23:481-506.
- Brown, J. H. & Lomolino, M. V. (1998). Biogeography. 2nd Edition. Sunderland, MS, USA: Sinauer Associates.
- Caughley, G. (1994). Directions in conservation biology. *Journal of Animal Ecology*, 63:215-244.
- Ćurčić, N.B. & Đurđić, S. (2013). The actual relevance of ecological corridors in nature conservation. *J. Geogr. Inst. Cvijic*. 63(2) (21-34).
- Cushman, S.A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biol. Conserv.* 128, 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031>.
- Cushman, S.A., Elliot, N.B., Bauer, D., Kesch, K., Bahaa-el-din, L., Bothwell, H., Flyman, M., Mtare, G., Macdonald, D.W. & Loveridge, A.J. (2018). Prioritizing core areas, corridors and conflict hotspots for lion conservation in southern Africa. *PLoS ONE* 13, e0196213. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196213>.
- Dawson, D. (1994). Are habitat corridors conduits for animals and plants in a fragmented landscape. English Nature Research Report 94.
- Đurđić, S. (2010). Biogeographic foundations of creating protected areas networks. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 90 (4), 147-158.
- Fahrig, L. (2003). Effect of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 34, 487-515.
- Fahrig, L., and Merriam, G. (1985). Habitat patch connectivity and population survival. *Ecology*, 66:1762–1768.
- Forman, R. T. T. (1995). Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Forman, R.T.T., and Godron, M. (1986). Landscape ecology. John Wiley, New York, New York, USA.
- Frankham, R. (1995). Conservation genetics. *Annual Review of Genetics*, 29:305-327.
- Giam, X. (2017). Global biodiversity loss from tropical deforestation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114, 5775–5777. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706264114>.
- Grassman, L., Lynam, A., Mohamad, S., Duckworth, J.W., Bora, J., Wilcox, D., Ghimirey, Y., Reza, A. & Rahman, H. (2016). *Neofelis nebulosa* red list assessment, 8235, 14. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T14519A97215090.en>.
- Hansson, L., Fahrig, L. and Merriam, G. editors. (1995). Mosaic landscapes and ecological processes. Chapman and Hall, New York, New York, USA.
- Hanski, I. (1994). A practical model of metapopulation dynamics. *The Journal of Animal Ecology*, 63 (1), 151- 162.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

- Henle, K., Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., Saunders, D. A. & Wissel, C. (2004). Species survival in fragmented landscapes: Where are we now? *Biodiversity and Conservation* 13 (1), 1-8.
- Hilty, J. A., Lidicker, W. Z. & Merenlender, A. M. (2006). *Corridor Ecology: The science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Washington, DC, USA: Island Press.
- Hobbs, R. J. (1992). The role of corridors in conservation: solution or bandwagon? *Trends in Ecology and Evolution*, 7:389-392.
- Ims, R. A. (1995). Movement patterns related to spatial structures. Pages 85–109 in L. Hansson, L. Fahrig and G. Merriam, editors. *Mosaic landscapes and ecological processes*. Chapman and Hall, New York, New York, USA.
- Ims, R. A., and Yoccoz, N. G. (1997). Studying transfer processes in metapopulation: emigration, migration and immigration. Pages 247–265 in Hanski, I. A., and M. E. Gilpin, editors. *Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Kaszta, Z., Cushman, S. A. & Macdonald, D. W. (2020). Prioritizing habitat core areas and corridors for a large carnivore across its range. *Animal Conservation*, 23: 607-616.
- Keyghobadi, N. (2007). The genetic implications of habitat fragmentation for animals. This review is one of a series dealing with some aspects of the impact of habitat fragmentation on animals and plants. This series is one of several virtual symposia focussing on ecological topics. *Can. J. Zool.* 85, 1049–1064. <https://doi.org/10.1139/z07-095>.
- Kremen, C. & Ricketts, T. (2000). Global perspectives on pollination disruptions. *Conservation Biology*, 14,1226-1228.
- Koenig, W.D., Vuren, D.V. and Hooge, P.N. (1996). Detectability, philopatry, and the distribution of dispersal distances in vertebrates. *Trends in Ecology and Evolution*, 11:514-517.
- Lande, R. (1988). Genetics and demography in biological conservation. *Science*, 241:1455-1460.
- Leach, M. K., and Givnish, T. (1996). Ecological determinants of species loss in remnant prairies. *Science*, 272:1555-1558.
- Levins, R. (1970). Extinction. In M. Gesternhaber (ed.): *Some mathematical problems in biology*. 77-107. Providence, Rhode Island: American Mathematical Society.
- Mann, C. C. and Plummer, M. L. (1993). The high costs of biodiversity. *Science*, 260:1868–1871.
- Mann, C. C. and Plummer, M. L. (1995). Are wildlife corridors the right path? *Science*, 270:1428-1430.
- Naughton-Treves, L., Holland, M.B. & Brandon, K. (2005). The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 30, 219-252. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.164507>.
- Noss, R. (1987). Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology*, 1:159–164.
- Opdam, P., Steingröver, E. & Van Rooij, S. (2006). Ecological networks: a spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 75, 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.015>.
- Packer, C., Pusey, A.E., Rowley, H., Gilbert, D.A., Martenson, J. & O'Brien, S.J. (1991). Case study of a population bottleneck. *Conserv. Biol.* 5, 219-230.



3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

- Perault, D. R. & Lomolino, M. V. (2000). Corridors and mammal community structure across a fragmented, old-growth forest landscape. *Ecological Monographs*, 70, 401-422.
- Robinson, S.K., Thompson, F.R., Donovan, T.M., Whitehead, D.R., and Faaborg, J. (1995). Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science*, 267:1987-1990.
- Rosenberg, D. K., Noon, B. R. & Meslow, E. C. (1997). Biological corridors: Form, function, and efficacy. *BioScience*, 47:677-687.
- Rudnick, D., Ryan, S.J., Beier, P., Cushman, S.A., Dieffenbach, F. & Trombulak, S.C. (2012). The role of landscape connectivity in planning and implementing conservation and restoration priorities. *Issues in Ecology Recommended Citation. Issues Ecol.* <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0110984>.
- Saunders, D. A., and Hobbs, R. J. editors. (1991). *Nature conservation 2: the role of corridors*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Australia.
- Simberloff, D., and Cox, J. (1987). Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology*, 1:63-71.
- Simberloff, D., Farr, J. A., Cox, J. and Mehlman, D. W. (1992). Corridors in real landscapes: a reply to Simberloff and Cox. *Conservation Biology*, 6:493-504.
- Simpson, G. G. (1940). Mammals and land bridges. *Journal of the Washington Academy of Science*, 30, 137-163.
- Soulé, M. E., and Simberloff, D. (1986). What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Conservation Biology*, 35:19-40.
- Soulé, M. E. & Gilpin, M. E. (1991). The theory of wildlife corridor capability. In: *Nature conservation 2: The role of corridors*, eds. D. A. Saunders & R. J. Hobbs, 3-8. Chipping Norton, New South Wales, Australia: Surrey Beatty & Sons.
- Soulé, M. E., and Simberloff, D. (1986). What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves? *Conservation Biology*, 35:19-40.
- Udvardy, M. D. F. (1969). *Dynamic Zoogeography*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Waser, P., and Elliot, L. F. (1991). Dispersal and genetic structure in kangaroo rats. *Evolution*, 45:935-943.
- Walker, R. & Craighead, L. (1997). Analyzing wildlife movement corridors in Montana using GIS. *ESRI User Conference Proceedings, California*.
- Young, A., Boyle, T. and Brown, T. (1996). The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology and Evolution*, 11:413-418.



Examination of the Possibility of Utilizing Olive Leaves as Raw Material in Tea Production

Meltem AYZ¹

Öz

Zeytin ağacı (*Olea europaea* L.), insanlık tarihinde yeri olan çok yönlü antik bir kültür bitkisidir. Zeytin (*Olea europaea* L.), Akdeniz Havzası ülkeleri ve Türkiye için çok özel ve ekonomik açıdan önemli bir ağaçtır. Zeytinin anavatanı Hatay-Maraş-Mardin şeridi olduğundan ülkemizde oldukça geniş bir yayılış alanı göstermektedir. Ülkemizde Ege, Akdeniz, Marmara ve Karadeniz kıyılarında zeytin üretim alanları bulunmaktadır. Mucize ağaç olarak nitelendirilen zeytin ağacına sadece meyvesi ve meyvesinden elde edilen zeytinyağı olarak bakmak haksızlıktır. Çünkü zeytinin yaprağı da tıpkı zeytinyağı gibi, içerdiği çok değerli fenolik bileşikler açısından oldukça önemlidir. Zeytin yaprağını değerli kılan bu değerli bileşikler, insan vücudunun bağışıklık sistemini güçlendiren ve hastalıklara karşı vücudun direncini artıran Oleuropein, flavonoidler ve fenolik bileşiklerdir. Bu makale zeytin yapraklarının çay üretiminde kullanım olanakları üzerine yapılan bir araştırmadır. Bu makale, zeytin ağacının yan ürünü olan ve göz ardı edilen zeytin yapraklarının hem ülke ekonomisine kazandırılması açısından hem de sağlığa faydalı bir ürün elde edilmesinde kullanılmasının önünün açılması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zeytin yaprağı, Bitkisel çay, Oleuropein, Fenolik bileşikler

¹ Dr, T.C. Tarım Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı, Zeytincilik Arş. Enst. Müdürlüğü, 35100. Bornova/İZMİR, Orcid: : [0000-0002-2707-4638](https://orcid.org/0000-0002-2707-4638)

GİRİŞ

Zeytin ağacı (*Olea europaea* L.) insanlık tarihinde yer etmiş olan çok yönlü kadim bir kültür bitkisidir. Tüm ağaçların atası olarak bilinen ve anavatanı ülkemizin Güneydoğu Anadolu bölgesi olan zeytin, buradan dünyaya yayılarak Akdeniz havzasının ana bitkisi olmuştur. Bu nedenle Zeytin, diğer Akdeniz Havzası ülkeleri ve Türkiye için ayrı bir ekonomik önem taşımaktadır. Türkiye, 864.428 ha alanda 177 milyon 843 bin adet zeytin ağacı varlığı ile dünyada 2. sırada yer almaktadır. Zeytinyağı üretiminde ise İspanya, İtalya ve Yunanistan'ın ardından 4.sırada yer almaktadır (TÜİK 2022). Sadece subtropik iklim kuşağında yetişebilen zeytin ağacı, bu nedenle Akdeniz havzası ülkeleri ve Türkiye için oldukça önemlidir. Mucize ağaç olarak sıfatlandırılan zeytin ağacına, sadece meyvesi ve meyvesinden elde edilen zeytinyağı olarak bakmak ona haksızlık yapmaktır çünkü içerdiği yüzlerce faydalı bileşik nedeniyle zeytinin yaprağı da insan sağlığı açısından oldukça kıymetli bileşikler içeren bir kısımdır.

YÖNTEM

Zeytin yetişen pek çok coğrafyada yüzyıllardan beridir zeytin yaprağının özel bir önem ve itibar gördüğü suyla kaynatılarak içildiği halk tıbbıyla ilgili pek çok çalışmada göze çarpmaktadır Zeytin yaprağını kıymetli kılan bu kıymetli bileşikler, insan vücudunun bağışıklık sistemini güçlendirip hastalıklara karşı vücut direncini arttıran Oleuropein, flavonoidler ve fenolik bileşiklerdir. Bu makale, zeytin yapraklarının çay üretiminde değerlendirilebilme olanaklarının araştırılması üzerine yapılan bir taramadır. Makale, hem sağlığa faydalı bir ürün kazanım açısından hem de yaprakların ülke ekonomisine kazandırılması açısından oldukça fayda sağlayacağı düşünülmüş olarak oluşturulmuştur.

TARTIŞMA

Zeytin Yapracağının Önemi

Yüzyıllardan beri zeytin yaprağı geleneksel tedavide ilaç olarak kullanılmış ve halen daha tıp ve eczacılıkta da oldukça fazla yararlanılan bir materyaldir. Zeytin yaprağı, fonksiyonel değere sahip birçok biyoaktif bileşenin doğal bir kaynağıdır.

Bu biyoaktif bileşenlerin başında fenolik bileşikler [*oleuropeositler (oleuropein, verbaskosid), flavonlar (luteolin, luteolin-7-glukozit, apigenin, apigenin-7-glukozit, diosmetin, diosmetin-7-glukozit), flavanol (rutin), flavan-3-ol (kateşin), fenoller (tirosol, hidroksitirosol, vanilin, vanilik asit, kaffeik asit, p-kumarik asit, klorojenik asit)*] ve özellikle de oleuropein gelmektedir. Zeytin yaprağında bulunan fenolik bileşenlerin antioksidan, antifungal, antibakteriyel, antiviral, antiinflamatuvar, antiterojenik, anti-kanser gibi pek çok farmakolojik özelliğe sahip olduğu yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Lee ve Lee, 2010).

Antimikrobiyal ve antioksidan özelliğe sahip olan oleuropein bağışıklık sistemini güçlendirir, vücut direncini artırır. Zeytin yaprağı oleuropeinin bilinen en önemli kaynağı olarak belirtilmiştir (60-90 mg/g kuru ağırlık) (Soler-Rivas vd., 2000 ; Gikas vd., 2007). Yapılan çalışmalarda oleuropein miktarının kültürel uygulamalara, çeşide ve yaprak rengine göre değişim gösterdiği, tamamen sarı renkli (dökülme dönemindeki yapraklar) yaprakların en düşük miktarda oleuropein içerdiği vurgulanmıştır. Yeşil yaprakların daha yüksek antioksidan aktivite içerdiği pek çok çalışmada da ifade edilmiştir. (Carrasco vd., 2005; Bouaziz vd., 2008 ve Garcia vd., 2000). Ekim ayında toplanan yapraklardaki oleuropein miktarının, Mart ayında

toplanan yapraklara göre daha az miktarda olduğu, yeşil ve genç sürgünlerin düşük üretim hızında olmasından dolayı bahar mevsimine göre daha az miktarda oleuropein içerdiği, ayrıca oleuropein miktarını renk/yaş faktörünün etkilediği ve koyu yeşil yapraklarda daha yüksek miktarda bulunduğu belirlenmiştir.

Yeşilimsi sarı ve tamamen sarı yaprakların (dökülme dönemindeki yapraklar) en düşük miktarda oleuropein içerdiği yapılan çalışmalarda saptanmıştır (Ranalli vd., 2006). Fabbri vd (2008) yaptıkları çalışmada da zeytin yaprağındaki fenolik bileşiklerin yaprak yaşı, dal tipi (zayıf, orta, güçlü) ve çeşide göre değiştiğini, Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında toplanan yapraklardaki bileşikler arasındaki en önemli farklılıkların çeşide ve toplama zamanına göre değiştiğini belirlemişlerdir.

Hidroksitirozol ise; İnsan eritrositlerini (kırmızı kan hücreleri) oksidatif zararlara karşı koruyan antioksidatif bir maddedir. Rutin diğer adıyla P1 vitamini dolaşım sağlığı açısından önemli bir vitamindir ve kan dolaşımı sağlığında oldukça önemli role sahiptir, zayıf damar kaynaklı kanamaların durdurulmasında önemlidir. Diğer minör fenolikler ve flavonait bileşikler ise kötü kolesterol LDL düzeyini düşürür, bağıışıklığı güçlendirip hastalıklara karşı direnci arttırmalar (Sun vd., 2002).

Yapılan bir çalışmada farklı zamanda hasat edilmiş zeytin yapraklarındaki toplam fenolik madde içerikleri karşılaştırılmıştır. En yüksek toplam fenolik madde içeriği Aralık ayında toplanan yaprak örneklerinden ve Memecik çeşidinden alınırken, en düşük içerik Eylülde toplanan Ayvalık çeşidinden alınmıştır. Antioksidan aktivitenin fenolik madde kompozisyonu ve miktarıyla doğrusal olarak değiştiği ve mevsimsel farklılıkla değişim gösterdiği, genetik faktörlere (çeşit) de bağlı olduğu belirtilmiştir (Saygın, 2009).

Bu nedenle zeytin yaprağının pek çok farklı kullanım alanları mevcuttur. Bunlardan bir tanesi yaprağın zeytin yağına katılması uygulamasıdır. Zeytinyağı eldesi sırasında zaman zaman %2-3 oranında zeytin yaprağı yağı karıştırılmaktadır. Bunun sebebine gelince; olgunlaşmış zeytin meyvesinde antioksidan özellikteki fenollerin azalmış olması nedeniyle yağ üretimindeki aromayı geliştirmek, oksidasyonu engellemek ve elde edilen yağın stabilitesini arttırmak amaçlanmaktadır. Araştırmalardan elde edilen bulgular zeytin yaprağının yağlara eklenmesinin, daha yüksek antioksidan içerikli daha fonksiyonel zeytinyağına izin verdiğini göstermiştir (Sevim ve Tuncay, 2012).

Günümüzde piyasalarda çay şeklinde tüketilmek üzere, ekstrakt ya da kapsül formunda direkt kullanılmak üzere veya öğütülmüş toz formda çeşitli bitkisel karışımlarında kullanılmak üzere “zeytin yaprağı çayı”, “zeytin yaprağı ekstraktı”, “zeytin yaprağı ekstrakt kapsülü” gibi adlarla çeşitli ürünlere sıklıkla rastlamak mümkündür. Bu ürünler arasında zeytin yaprağı çayı önemli bir ekonomik değere sahip olup, zeytin yaprağının insan sağlığı üzerinde gösterdiği olumlu etkileriyle ilgili çalışmaların varlığı, bitkisel çaylara olan rağbetin arttığı günümüzde zeytin yapraklarının da çay şeklinde değerlendirilmesini teşvik etmiştir.

Zeytin Yaprağından Çay Yapımıyla İlgili Literatürler

Zeytin yaprağının pek çok farklı kullanım alanlarından biri de zeytin yapraklarının çay olarak değerlendirilmesidir. Asırlardır yetiştirildiği coğrafyalarda zeytinin yaprağı suyla kaynatılarak çay yapılarak içilmiş ve bu çay pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmıştır. Bunun nedeni var olmasına bağlanabilir. (Khalaf vd., 2008). Halk tıbbıyla ilgili yapılan taramalara bakıldığında; zeytin yetişen pek çok coğrafyada yüzyıllardan beridir zeytin yaprağının özel bir önem ve itibar gördüğü suyla kaynatılarak içildiği göze çarpmaktadır. İlaç niyetine içilen bu çayın tedavi edici özelliği zeytin yaprağının içerdiği 100’den fazla biyoaktif maddenin varlığı nedeniyle.



El ve Karakaya (2009) son yıllarda, çeşitli bitki çaylarının sağlığa etkileri konusuna oldukça fazla ilgi duyulan ve gündeme gelen bir konu olduğunu ve Akdeniz halkının bazı hastalıkların iyileşmesinde yaygın olarak kullandığı zeytin yaprağı çayının bu bitkisel çayların en yaygın ve en eski bilineni olarak tarihe geçtiğini belirtmişlerdir.

Zeytin yaprağının Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde geleneksel ilaç yapımında, bitkisel çay harmanlarında yaprak olarak; çay karışımlarında toz olarak yaygın bir kullanım alanı olduğu yapılan araştırmalarda ifade edilmektedir (Salem vd., 2014).

Keleş (2015) zeytin yaprağının Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde geleneksel ilaç yapımında ve bitkisel çay karışımlarında toz olarak yaygın bir kullanım alanı olduğunu ifade etmektedir. Dalia vd (2017) yaptıkları çalışmada Zeytin yaprağı, Moringa yaprağı ve Kadife çiçeğinin yapraklarının antioksidan aktiviteleri, fenolik bileşikleri ve bunların antioksidan aktivitesi değerlendirilmek üzere çalışma tasarlamışlardır. Toplam fenolik, toplam flavonoid içerikleri ve DPPH süpürücü radikal aktivite (%) hesaplandı. Bu sonuçlar, Zeytin yaprağı ekstraktlarının aşırı derecede zengin antioksidan kaynağı olduğunu göstermiştir ve Moringa ekstresi antioksidan aktivite için iyi bir kaynak olarak kabul ederken, kadife çiçeği yaprakları zeytin veya Moringa yapraklarına kıyasla düşük antioksidan aktiviteye sahiptir. Bu nedenle bahsi geçen yaprakların çay harmanlarında karışım olarak kullanılabilineceği tespit edilmiştir.

Gamlı vd (2018) Mikrodalga ile Kurutulmuş Zeytin Yapraklarının Kurutma Kinetikleri ve Demleme Özellikleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, zeytin yaprakları mikrodalga uygulaması ile 52, 90, 167, 290, 347 W gerçek etkin güç seviyelerinde kurutulmuş ve kurutma kinetikleri, kurutma davranışını en iyi betimleyen matematik modelin belirlenebilmesi amacıyla incelenmiştir. Page model, diğerlerinin içerisinde en uygun model olarak tespit edilmiştir. Difüzyon katsayıları $2,65 \times 10^{-10}$ – $6,87 \times 10^{-10}$ m²/s aralığında hesaplanmış olup, güç düzeyindeki artışın, difüzyon katsayısında da artışa sebep olduğu görülmüştür. Kurutulmuş zeytin yaprakları çay elde etmek amacıyla kullanılmış ve farklı demleme sıcaklıklarının, çayın toplam polifenol (mg GAE/kg) ve radikal süpürme aktivitesi (%) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Demleme sıcaklığındaki artışın, özellikle 100°C'de polifenollerin özütlenmesini arttırdığı görülmüştür. 167 W'da kurutulmuş olan zeytin yapraklarının (2282,9 mg GAE/kg) diğer güçlerde kurutulanlara oranla daha fazla fenolik içeriğine sahip olduğu açığa çıkmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak zeytin yaprağı, fenolik içeriği sayesinde potansiyel doğal bir antioksidan kaynağıdır. Bu nedenle de günümüzde zeytin yapraklarının çay olarak değerlendirilmesi konusu oldukça önem kazanmaya başlamıştır. Halk tıbbıyla ilgili yapılan taramalara bakıldığında; zeytin yetişen pek çok coğrafyada yüzyıllardan beridir zeytin yaprağının özel bir önem ve itibar gördüğü suyla kaynatılarak içildiği göze çarpmaktadır fakat günümüzde sanayileşmenin de etkisiyle bu yararlanım şekli daha bir profesyonelleşmiş ve yaprakların toz formlarının hazırlanmasıyla çay harmanlarına katılarak kullanımı konusunda çalışmalar başlatılmıştır ve dünya genelinde artarak hız kazanmaya başlamıştır.



KAYNAKÇA

- Bouaziz, M., Fki, I., Jemai, H., Ayadi, M., Sayadi, S. (2008). “Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves”, *Food Chemistry*, 108, 253–262.
- Carrasco-Pancorbo A, Cerretani L, Bendini A, Segura-Carretero A, Del Carlo M, Gallina-Toschi T, Lercker G, Compagnone D, Fernandez-Gutierrez A. (2005). Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *J Agric Food Chem*, 53, 8918-8925.
- El, S and S, Karakaya. (2009). Olive tree (*Olea europaea*) leaves: potential beneficial effects on human health”. *Nutrition Reviews*, Volume 67, Issue 11, 1 November 2009, Pages 632–638, <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00248.x>
- Fabrizi A, Galaverna G, Ganino T. (2008). Polyphenol composition of olive leaves with regard to cultivar, time of collection and shoot type. Proceeding of the Fifth International Symposium on Olive Growing. *Acta Horticulturae*, 791, 459-464
- Gamlı, Ö.F., Süfer, Ö and Eker, T. (2018). Dehydration Kinetics and Infusion Attributes of Microwave Dried Olive Leaves. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(8): 963-970, 2018
- Garcia, O.B., Castillo, J., Lorente, J., Ortuno, A., Del Rio, J.A. (2000). Antioxidant Activity of Phenolic Extracted from *Olea europaea* L. leaves, *Food Chemistry*, 68, 457-462pp.
- Gikas, E., Bazoti, F.N., Tsarbopoulos A. (2007). “Conformation of oleuropein, the major bioactive compound of *Olea europaea*. J”, *Mol. Struct.: Theochem*, 821, 125-132.
- Keleş, G. (2015). Zeytin Posasının Ruminantlar İçin Besin ve Besleme Değeri Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(10): 780-789, 2015.
- Khalaf N.A., Shakya A.S., Al-Othman A., El-Agbar Z., Farah H. (2008). Antioxidant Activity of Some Common Plants, *Turk J.Biol.*, 32, 51-55.
- Lee ve Lee, 2010. Lee, O. H., Lee, B. Y. (2010). “Antioxidant and antimicrobial activities of individual and combined phenolics in *Olea europaea* leaf extract”, *Bio. Tech.*, 101, 3751-3754.
- Ranalli, A., Contento, S., Lucera, L., Di Febo, M., Marchegiani, D., Di Fonzo, V. (2006). “Factors affecting the contents of iridoid oleuropein in olive leaves (*Olea europaea* L.)”, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 54(2): 434-40.
- Salem, M., H, Affes., K, Kamilla., Z, Sahnoun, K, M, Zeghal., S, Hammami. (2014). Pharmacological Activities of *Olea europaea* Leaves. *Journal of Food Processing and Preservation*. Vol,39, Issue:6. Pages: 3128-3136.
- Saygın, B. (2009). Zeytin yaprağındaki başlıca fenolik bileşikler ve bunların antioksidan kapasiteleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.
- Sevim, D., Tuncay, Ö. (2012). “Ayvalık ve Memecik zeytin çeşitlerinin yaprağı ve meyvelerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktiviteleri”, *Gıda*, 37(4), 219-226.
- Soler-Rivas, C., Espin, J. C., Wichers, H. J. (2000). “Oleuropein and related compounds”, *J. Sci. Food Agric.*, 80, 1013–1023.
- Sun J., Chu Y.F., Wu X., Liu R.H. (2002). Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits, *J.Agric.Food Chem.*, 50, 7449-7454.
- TÜİK (2022) Zeytin istatistikleri www.tuik.org



Investigation of Bullet-Wall Interactions by Ballistic Simulations against Rigid and Deformable Walls

Ibrahim Kutay YILMAZCOBANI¹

Kaan FERIKEL²

Abstract

The study presents an investigation via explicit computational simulations to analyze the ballistic impact dynamics defining the interaction of a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabolium bullet with Level IV steel (rigid) and deformable aluminum walls. The research validates the numerical simulations performed through the explicit code LSDYNA with experimental results, focusing on bullet impacts against walls to understand the reactions of the bullet and the walls with a speed of 350m/s. The comparison represents an acceptable correlation between the validated numerical approach and the experimental data for the steel wall, proving the computational simulations' approach.

With the validated simulation methodology established, the study applies this numerical approach to scenarios involving 6061-T6 Aluminum deformable wall. Despite the absence of experimental data for deformable walls, the study evolves with the validated simulation. This methodology implements it to simulate the impact of a 9 x 19mm fmj bullet against an aluminum deformable wall. The study investigates the deformation patterns and energy transfer dynamics induced by the bullet-wall interactions.

The computational simulations offer an accurate virtual definition of the deformation behavior of the bullet against a rigid steel wall. Then, wall thickness optimization is applied to reach a sufficient thickness of the aluminum deformable wall to hold the 9 x 19mm fmj bullet and protect the target from destruction. Although experiments for the deformable wall are missing, this study shows the potential application of validated numerical approaches in predicting the deformation patterns where experimental data might be limited based on validated behaviors. Finally, these findings allow us to improve the development of various structures and materials against ballistic threats.

Keywords: Terminal ballistics, Explicit simulation, Ballistic impact, Penetration, Numerical validation, LSDYNA.

¹ Unvan, Üniversite, Bölüm, E-mail, Orcid: Ph.D., Sakarya University; Mechanical Eng. Dept., kyilmaz@sakarya.edu.tr, 0000-0002-9886-5533

² Unvan, Üniversite, Bölüm, E-mail, Orcid: Student, Sakarya University; Mechanical Eng. Dept., kaanferikel@gmail.com, 0009-0006-1616-0174



1. INTRODUCTION

Ballistics is a widely known topic for determining the bullet or projectile, barrel, armor, shooting range, explosion, and interaction between them. We can investigate the ballistic behavior of the materials in three different topics.

Interior or internal ballistics focuses on the projectile and the barrel interaction by gunpowder, explosion, propulsion, and fluid dynamics response to throw the bullet's core out of the barrel. The effect of internal pressure changes in the barrel causes different reactions in the projectiles. In the literature, thousands of studies exist to provide the movement of a bullet's core. One of the critical studies close to this research is S. Deng et al. work, which investigated the reactions and stress distributions of 9mm bullets during the shooting period (Deng, Sun, Chiu, & Chen, 2014) to support our work.

The second topic, exterior ballistics heading, deals with the projectile while flying in the air and examines the flow effects, speed, pressure, etc. A study that searches flight and penetration properties of projectiles directed by Wu et al. (Wu, Liu, & Du, 2007) calculated the velocities of the projectiles and simulated the penetration effects.

The final topic, target or terminal ballistics research area, is the bullet-armor interactions. The investigations cover the bullet's penetration to the armor or wall and the deformation types of the armor and the projectile. The author's initial study dealt with the evaluation of sequencing the composite material armor panels (Yilmazcoban & Doner, 2016) to understand the different material layers ordered to stop the bullet. In some perspectives, the most common way is to use theoretical and analytical approaches to find the appropriate way to solve the problem. Gabi Ben-Dor and his friends developed analytical engineering models of high-speed normal impact by hard projectiles on metal shields (Ben-Dor, Dubinsky, & Elperin, 2013). The Ballistic performance maps for thick metallic armor were also determined theoretically by Srivathsa (Srivathsa & Ramakrishnan, 1999). This study is also helpful in defining the elastic and plastic zones of the armors.

In the last decades, well-developed computational approaches such as the Finite Element Method (FEM) have been preferred to decrease the financial expenses. Most of the FEM simulations are so close to the experimental results; thus, it is a common way to solve the problems with computational software. Meanwhile, the statics problem usually uses an "implicit method," while ballistic studies need a dynamic approach; "explicit dynamics" codes serve appropriate results for the dynamic issues.

Various studies show the experimental results validate explicit projectile simulations against armor metallic plates. Different material properties should be known for the dynamic impact scenarios to process the simulations. Considering further research studies, Rusinek focused on the Johnson Cook Material Model determinations, which is critical knowledge regarding the impact of metallic plates (Fras, Colard, Lach, Rusinek, & Reck, 2015), (Kpenyigba, Jankowiak, Rusinek, Pesci, & Wang, 2015). Considering the increasing usage of composite materials, especially in the armor industry, manufacturers utilize composite materials to decrease the weight of armor while increasing its strength. The numerical analysis



also occurs during the simulations of the composite armor used as a striking face for a bullet (Lopez-Puente, Arias, Zaera, & Navarro, 2005), and some of them also deal with the constitutive models to better describe the real deformations (Ansari & Chakrabarti, 2016), (Rajaneesh, Siridhar, & Rajendran, 2012). Finally, using only explicit simulations, numerous researchers explain armor perforation by bullet penetration during a ballistic impact (Sahu & Ansari, 2019), (Flores-Johnson, Saleh, & Edwards, 2011).

The study presents the ballistic impact of a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabellum bullet with a speed of 350m/s on the Level IV steel (rigid) and 6061-T6 Aluminum (deformable) walls. The research validates the numerical simulations for the steel wall with experimental results in the literature to prove the computational simulations' approach. The validated simulation technique is applied to the 6061-T6 Aluminum deformable wall. Although the study does not include the experimental data for deformable walls, it develops with the validated simulation. Then, wall thickness optimization is applied to reach a sufficient thickness of 15mm of the aluminum deformable wall. The study investigates the deformation patterns of the bullet and the different wall types. The presented research shows the potential application of validated numerical approaches to explain the deformation patterns where experimental data is limited.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1 Materials

During the simulation period of this work, explicit material properties were mandatory for deformable bullet core (lead), jacket (copper), and deformable wall (6061-T6 Aluminum). The steel material is accepted as a rigid body. The high-speed deformation characteristics differ from the static definitions. Thus, It needs Johnson-Cook constants (A, B, N, C); effective plastic strain at failure (PSFAIL); maximum stress obtainable from work hardening before rate effects (SIGMAX); Saturation stress, which limits the maximum value of effective stress, which can develop after rate effects (SIGSAT); and Quasi-static threshold strain rate (EPS0) are added in addition to the Density (RO), Young modulus (E), and Poisson's Ratio (PR).

Table 1 depicts the explicit material properties of the parts for the Johnson-Cook material models.

Table 1 – Explicit Material Properties.

	Materials		
	<u>Lead, Core</u>	<u>Copper, Jacket</u>	<u>6061-T6 Aluminum, Wall</u>
RO (kg/mm ³)	1.135×10^{-5}	8.912×10^{-6}	2.713×10^{-6}
E (GPa)	13.79	172.1	68.9479
PR	0.42	0.33	0.33
A	3.4856×10^{-3}	2.2438×10^{-1}	2.4758×10^{-1}
B	2.1089×10^{-1}	2.3951×10^{-1}	1.6383×10^{-1}
N	1.32066×10^{-1}	2.41802×10^{-1}	2.46837×10^{-1}
C	0	0	0
PSFAIL (mm/mm)	1.58	0.871	0.4726
SIGMAX (GPa)	1×10^{28}	1×10^{28}	0
SIGSAT (GPa)	1×10^{28}	1×10^{28}	0
EPSO (s ⁻¹)	0.001	0.001	0

2.2 Experiment

In this study, the experiment validates the test of a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabellum bullet against a Level IV steel (rigid) wall, which can be found in the literature (Patreon.com, 2023). Depending on the developed test by the "Patreon/ balistichighspeed", the experimental data is used to compare and validate the explicit simulation of the process.

2.3 Numerical Approach

The first part of this research is the validation step of the ballistic impact test with a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabellum bullet at a speed of 350m/s on the Level IV steel (rigid) wall.

The second part of the study focused on the ballistic impact of a 9 x 19mm FMJ parabellum bullet with a speed of 350m/s on the 6061-T6 Aluminum (deformable) wall with the validated explicit simulation methodology.

Before starting the simulations, the FEM model should be described. In Figure 1, you can see the FEM model to understand the parts and mesh details. The bullet is composed of two divisions: lead core (green) and copper jacket (yellow). For the wall, the interaction zone in the center (20mm x 20mm) with the bullet is finer when compared with the outer part of the course meshed zone. The wall's width and height are 50mm, while thickness is initially not crucial because of the rigid wall procedures. All sides are fixed to zero to hold the wall in the space, and the bullet moves along the x direction.

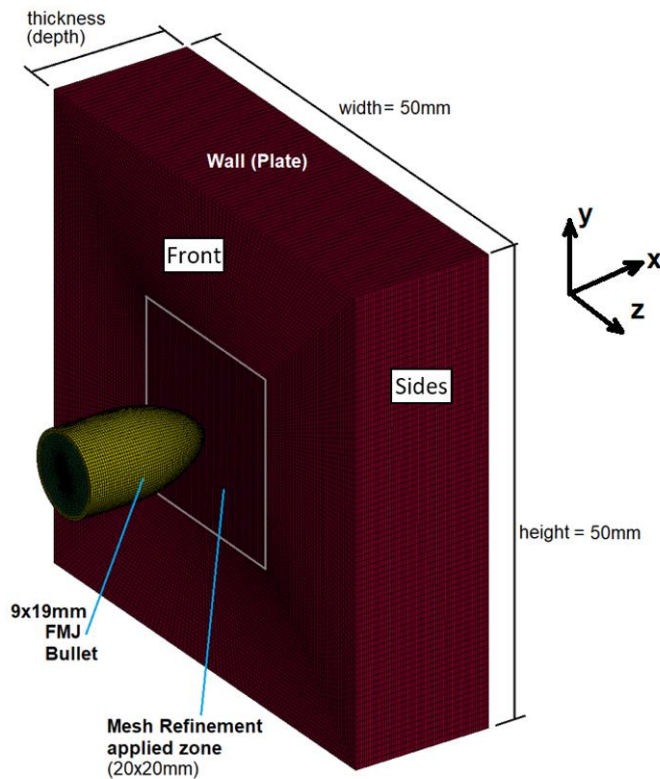


Figure 1. FEM model details.

For the FEM approach, usually, mesh sensitivity analysis is needed for a better convergence with the actual scenario. After initial tries, the most convenient mesh sizes and the number of elements used are defined. Table 2 shows the mesh details.

With the help of validated rigid steel wall simulation, a deformable aluminum wall with enough thickness to hold the bullet is needed to protect the target from destruction. After numerous optimizations, deciding on a thick enough wall will catch the projectile.

The optimal description "eroding-surface-to-surface" contact algorithm was chosen to clarify the extensive deformation of the bullet.

Table 2. Mesh and element details of the Finite Element Model.

<u>Parts</u>	<u>Element Size (min.-max.)</u>	<u>Number of the Elements</u>
Rigid_Wall	0.25-0.62	276,480
15mm thick Wall	0.25-0.62	1,036,800
Bullet Core	0.15(in the tip)-0.25	88,740
Bullet Jacket	0.25	12,600

3. RESULTS AND DISCUSSION

The research validates the first part's numerical simulation for the steel wall with experimental results in the literature to prove the computational simulations' approach. The time steps will be necessary to compare the 9x19mm fmj (full metal jacket) bullet moving toward the Level IV steel (rigid) wall. In Figure 2, more considerations will take place.

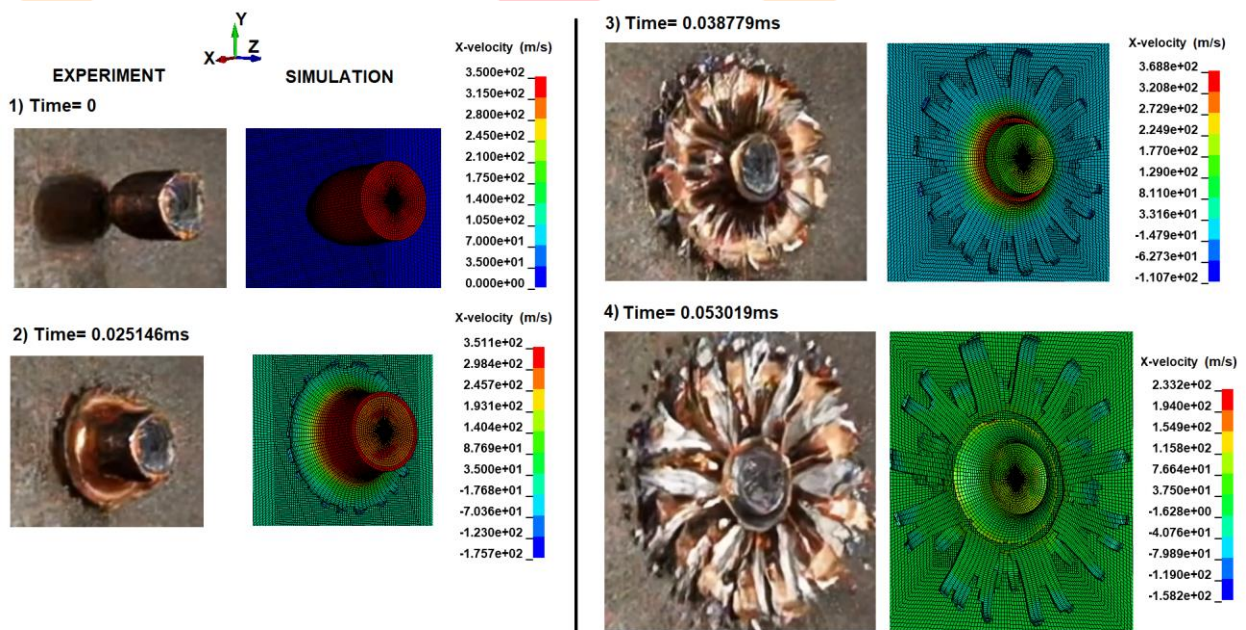


Figure 2. Perspective views of critical simulation time steps for The ballistic impact of a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabellum bullet with a speed of 350m/s on the Level IV steel (rigid) wall: Comparison of the experiment vs. explicit simulation.

During the deformation phase, the geometrical similarity between the experiment and the numerical method can be seen clearly. At the initial steps, the bullet dispersed around the central contact point at 0.025 ms, and the velocity was 351 m/s. When the time reached 0.038

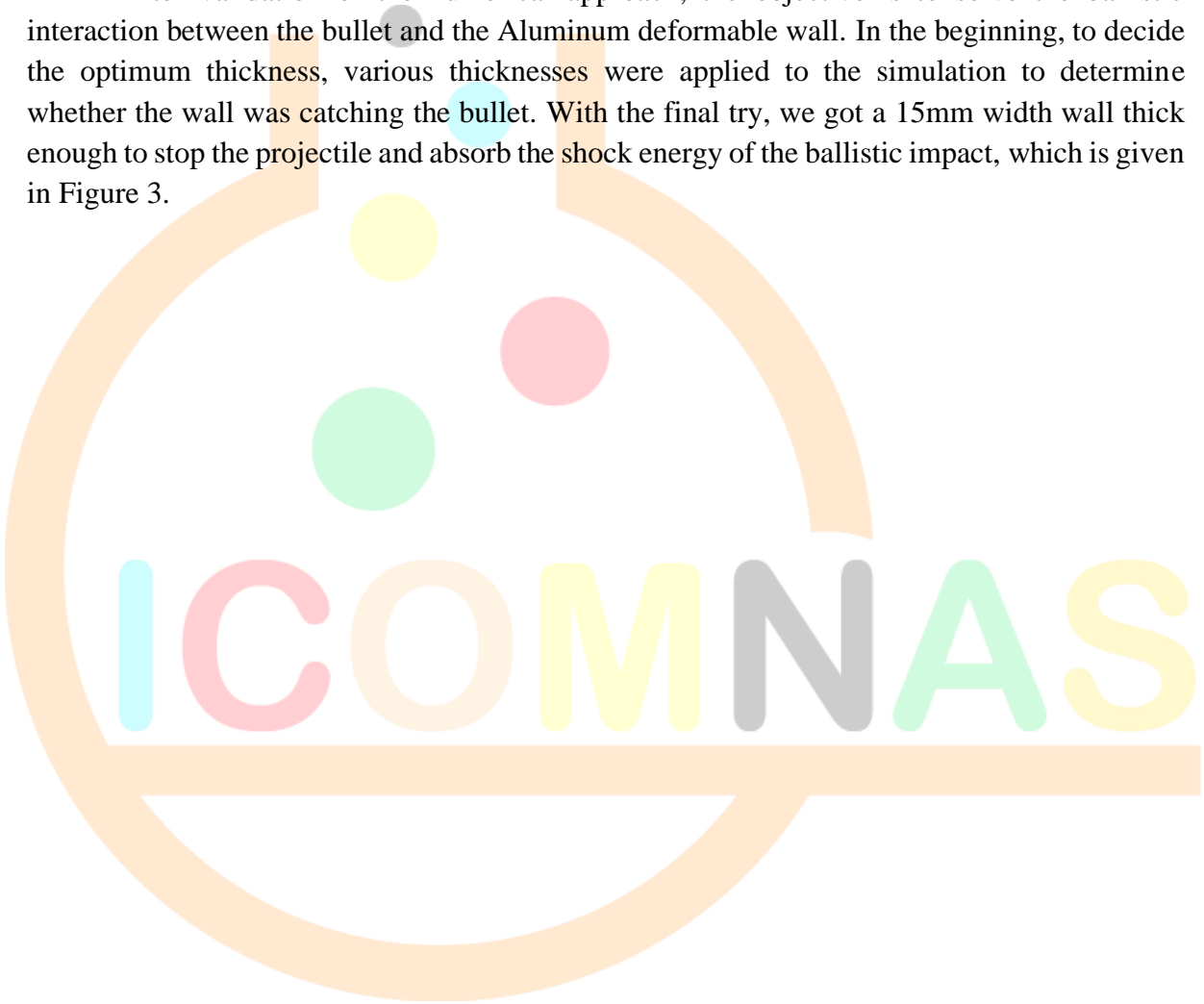


3rd INTERNATIONAL CONGRESS ON MULTIDISCIPLINARY NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-58-8

ms at a speed of 368 m/s, the bullet core and the jacket separated clearly, and many splits occurred. These deep splits turned into inclusion until extra-large deformation and rupture. After the fourth step, around 0.053 ms and decreased the rate to 233 m/s, the bullet moved forward a bit more, and the velocity of the x direction became zero because all the separated bullet particles started to go around in the y and z directions. With this similarity, the numerical approach is validated with the experimental data. The timesteps investigation of the ballistic impact shows a good correlation of around 95% analogy for the deformation.

After validation of the numerical approach, the objective is to solve the ballistic interaction between the bullet and the Aluminum deformable wall. In the beginning, to decide the optimum thickness, various thicknesses were applied to the simulation to determine whether the wall was catching the bullet. With the final try, we got a 15mm width wall thick enough to stop the projectile and absorb the shock energy of the ballistic impact, which is given in Figure 3.



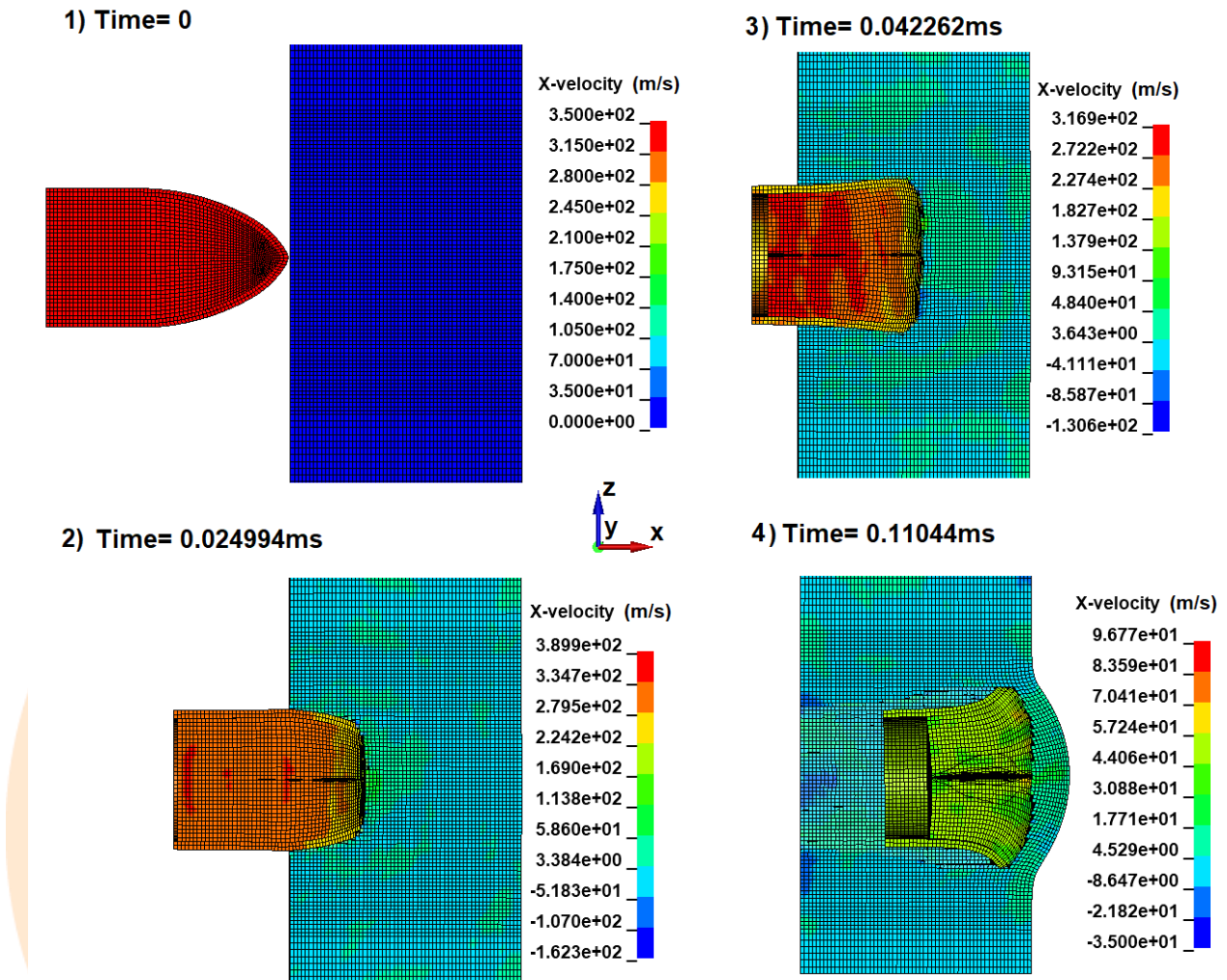


Figure 3. Crosssection views from left: Critical simulation time steps for the ballistic impact of a 9 x 19mm Full Metal Jacket (FMJ) parabellum bullet with a speed of 350m/s on the 6061-T6 Aluminum (deformable) wall.

At the initial steps of the solution of an aluminum wall, the tip of the bullet started to be compressed with the increasing pressure from the wall. We try not to approach the solution using stresses because we have no pressure values coming from the experiments. At the timestep of 0.025ms, the nose of the bullet got wider while it penetrated the wall, and the velocity was around 389 m/s. Because of the momentum effect of the bullet, the speed increases till the mass of the projectile decreases to a not ineffective level. At a time of 0.04ms, the speed of the bullet dropped below 350m/s. While the bullet moved through the target with large deformations and perforation effects, the nose of the bullet was bulged, and the core squeezed 0.042ms with a rate of 316m/s. The squeezing effect increases the density of the lead core of the bullet. The eroding contact continued erasing the wall elements from the numerical

solutions because of high strain and stress. When the time steps went further, around 0.11 ms, the velocity at x was 96.77m/s, and the bullet. After this deformation depth, the bullet almost stopped and continued to finalize its shock energy. But because the shock energy could not penetrate the wall further, the projectile started to bounce back until the power finished and the bullet stopped.

During the simulations, the bullet's kinetic energy decreased by a rigid steel wall from 500kN.mm to 37kN.mm with a process time of 0.06ms. After this time, the particles of the bullet continued with the y and z directions and will be zero later. However, the 15mm thick deformable aluminum wall affected the bullet and decreased the kinetic energy to almost 0kN.mm around 0.13ms just in the x direction. The kinetic energy differences between the steel and aluminum walls show that the simulation results are acceptable for determining the problem details.

4. CONCLUSION

For the presented study, the following conclusions can be given:

After the ballistic explicit simulation of Level IV steel (rigid) wall & 9x19mm fmj (full metal jacket) bullet, experimental data based on the literature validates the approach of this research. Understanding the applied simulation method is acceptable considering the deformations; the ballistic FEM simulation shows good agreement about 95% approximation gained with the experimental data.

With the help of a validated simulation method, a 350m/s fmj parabellum bullet was fired against the deformable Aluminum 6061-T6 wall in LSDYNA software, which has a thickness of 15mm, and gave us a chance to understand the behavior of the bullet during penetration and perforation.

During the thickness optimization, various thicknesses are experienced against a parabellum bullet to decide enough wall strength. Thus, to absorb the shock energy, a 15mm thick wall is strong enough to absorb the shock energy and safe against 350m/s speed, 9x19mm fmj bullet.

Depending on the kinetic energy change depicted in the simulation, the 15mm Aluminum wall holds the 350m/s fmj bullet using enough armor material and thickness.

5. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank "Numesys, Türkiye" as a solution partner of Dr. Yilmazcoban's "IKY Research Group" considering the Ansys and LSDYA support.

References

- Ansari, M., & Chakrabarti, A. (2016). Impact behavior of FRP composite plate under low to hyper velocity impact. *Composites Part B*, 95, 462-474. doi:10.1016/j.compositesb.2016.04.021
- Ben-Dor, G., Dubinsky, A., & Elperin, T. (2013). Analytical engineering models of high speed normal impact by hard projectiles on metal shields. *Central European Journal of Engineering*, 3(3), 349-373. doi:10.2478/s13531-013-0108-7
- Deng, S., Sun, H., Chiu, C.-J., & Chen, K.-C. (2014). Transient finite element for in-bore analysis of 9 mm pistols. *Applied Mathematical Modelling*, 38, 2673-2688. doi:10.1016/j.apm.2013.10.071
- Flores-Johnson, E., Saleh, M., & Edwards, L. (2011). Ballistic performance of multi-layered metallic plates impacted by a 7.62-mm APM2 projectile. *International Journal of Impact Engineering*, 38, 1022-1032. doi:10.1016/j.ijimpeng.2011.08.005
- Fras, T., Colard, L., Lach, E., Rusinek, A., & Reck, B. (2015). Thick AA7020-T651 plates under ballistic impact of fragment-simulating projectiles. *International Journal of Impact Engineering*, 86, 336-353. doi:10.1016/j.ijimpeng.2015.08.001
- Kpenyigba, K. M., Jankowiak, T., Rusinek, A., Pesci, R., & Wang, B. (2015). Effect of projectile nose shape on ballistic resistance of interstitial-free steel sheets. *International Journal of Impact Engineering*, 79, 83-94. doi:10.1016/j.ijimpeng.2014.10.007
- Lopez-Puente, J., Arias, A., Zaera, R., & Navarro, C. (2005). The effect of the thickness of the adhesive layer on the ballistic limit of ceramic/metal armours. An experimental and numerical study. *International Journal of Impact Engineering*, 32, 321-336. doi:10.1016/j.ijsolstr.2006.08.022
- Patreon.com. (2023, January 19). *Bullets EXPLODING at a Quarter Million Frames Per Second! - Ballistic High-Speed*. Retrieved October 2023, from Ballistic High Speed_Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=VK7bCs4Ho_I
- Rajaneesh, A., Siridhar, I., & Rajendran, S. (2012). Impact modeling of foam cored sandwich plates with ductile or brittle faceplates. *Composite Structures*, 94, 1745-1754. doi:10.1016/j.compstruct.2011.12.021
- Sahu, S., & Ansari, M. Z. (2019). Effect of impactor shapes on low-velocity impact. *Ships and Offshore Structures*, 14(1), 53-63. doi:10.1080/17445302.2018.1473025
- Srivathsa, B., & Ramakrishnan, N. (1999). Ballistic performance maps for thick metallic armour. *Journal of Materials Processing Technology*, 96, 81-91. doi:10.1016/S0924-0136(99)00270-8
- Wu, J., Liu, J., & Du, Y. (2007). Experimental and numerical study on the flight and. *International Journal of Impact Engineering*, 34, 1147-1162. doi:10.1016/j.ijimpeng.2006.06.007
- Yilmazcoban, I. K., & Doner, S. (2016). Ballistic protection evaluation of sequencing the composite material sandwich panels for the reliable combination of armor layers. *Acta Physica Polonica A*, 130, 342-346. doi:10.12693/APhysPolA.130.342

